EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Karel Toss

TALINISU KVLITEET NING KÜPSETUSOMADUSED MAHE- JA TAVAVILJELUSES

GRAIN AND BAKING QUALITY OF WINTER WHEAT IN ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING

Magistritöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja: Maarika Alaru, PhD

Tartu 2018

LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistri lühikokkuvõte	
Autor: Karel Toss		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Talinisu kvaliteet ning küpsetusomadused mahe- ja tavaviljeluses			
Lk: 58	Joonised: 20	Tabeleid: 17	Lisasid: 0
Õppetool: Uurimisvaldkond: Juhendaja: Kaitsmiskoht ja aasta:		Taimekasvatus ja taimebioloogia Taimekasvatus, B390 Maarika Alaru, PhD Tartu, 2018	

Töö põhineb 2008. a. Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Eerikal asuvale põllule rajatud pikaajalisel katsel. Antud uurimuses on kasutatud 2013.–2015. ning 2017. aastal kogutud andmeid. 2016 aasta andmeid ei kasutatud, kuna ebaõnnestunud talinisu talvitumise tõttu külvati kevadel põldudele suvinisu. Töö eesmärgiks on selgitada mahe- ja tavaviljelusviisi mõju talinisu sordi 'Fredis' saagikusele, kvaliteedile ning küpsetusomadustele.

Katses oli kasutusel seitse väetusvarianti (kolm mahesüsteemis ning neli tavasüsteemis), mis erinesid üksteisest kasutatud lämmastikväetiste ja lämmastiku koguste poolest. Tavasüsteemis olevad neli varianti erinesid üksteisest lämmastiku koguste poolest: N0, N50, N100 ja N150, mis said lämmastikku vastavalt 0, 50, 100 ja 100 kg N ha^{-1}. Mahesüsteemis olid järgmised orgaanilise lämmastiku allikad: Org0– külvikorras kasvanud liblikõieliste poolt seotud õhulämmastik, OrgI – lisandus õhulämmastikule ka talvel kasvatatud vahekultuuri poolt seotud lämmastik ning OrgII sai kahele eelnevale lisaks kevadel mulda viidud sõnnikut 10 t ha^{-1}.

Talinisu terasaaki mõjutab uuritud faktoritest eelkõige väetusvariant (43%), suurimad terasaagid saadi lisa lämmastikku saanud tavasüsteemi variantidelt, nendel omavahel usutavaid erinevus ei olnud. Ilmastiku poolest olid kõige soodsamad 2015. ja 2017. aasta, eelkõige madalama maikuu temperatuuri ja väiksema juulikuu sademete koguse tõttu. Talinisu kvaliteedi seisukohalt olid paremad ainult tavasüsteemi N100 ja N150 väetusvariant, mis said loomiseelses faasis (BBCH 47) lisalämmastikku, mistõttu olid neil paremad kvaliteedi näitajad. Küpsetusomaduste poolest ei olnud mahesüsteemis ja tavasüsteemis usutavaid erinevus. Majanduanalüüsi järgi on kõige tasuvam viljelussüsteem hetke seisuga mahesüsteem, kuna hind on niivõrd palju parem. Tavasüsteemis kõige tasuvam väetusvariant on N100, mis siiski tasuvuse seisukohast on 20% madalam, kui OrgI variant.

Märksõnad: teravili, mahukaal, jahu, proteiin, küpsetusomadused, päts

ABSTRACT

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Karel Toss		Speciality: Production and Marketing of Agricultural Products	
Titel: Grain and baking quality of winter wheat in organic and conventional farming			
Pages:58	Figures:20	Tables: 17	Appendixes: 0
Department:		Field Crops and Plant Physiology	
Field of research:		Field Crop Production, B390	
Supervisors:		Maarika Alaru, PhD	
Place and date:		Tartu, 2018	

In 2008, the five long-term field crop rotation experiments of organic and conventional growing systems were established at the EULS Institute of Agriculture and Environment in Eerika. The data used in this study was gathered during a time period stretching from 2013. – 2015 and 2017. In this study the data from 2016 year are missing because of bad weather contitions in winter. Fields were over sown with spring wheat. The main purpose of this thesis was to explore what influence organic and conventional farming systems have on the yield growth, yield quality and baking caracteristicas of winter wheat.

In this experiment, seven different nitrogen resources (three in organic and four in conventional farming systems) were used. The four conventional test fields had diffrent nitrogen quantity N0 - 0 kg ha^{-1}, N50 - 50 kg ha^{-1}, N100 - 100 kg ha^{-1}, N150 - 150 kg ha^{-1}. The three organic test fields had diffrent nitrogen sources: Org0 got nitrogen from legumes crop (red clover), OrgI got nitrogen both from legumes crop and winter catch crops and OrgII got its nirtogen from organic manure 10 t ha^{-1} in addition to other sources.

Grain yield of winter wheat was mostly affected by farming system (43%), higher grain yields were got from treatments of conventional system. More favorable for grain yield formation were weather conditions in 2015 and 2017. Winter wheat quality was the best in conventional farming treatments N100 and N150 beqause of additional nitrogen at the early booting stage (BBCH 47). The characteristics of baking quality of winter wheat were not influenced by crop production systems. Most profitable farming system at the moment is the organic farming system because the purchase price of grain is so high.

Keywords: grain, volume weight, protein, flour, baking caracteristicas, loaf

SISUKORD

ABSTRACT ... 3
SISSEJUHATUS ... 5
KIRJANDUSE ÜLEVAADE ... 6
1.1 Mahe-ja tavaviljelusviis ... 6
1.2 Saagistruktuuri elemendid ... 7
1.2.1 Produktiivvõrsed ... 8
1.2.2 Talinisu terade arv ning terade mass peas ... 8
1.2.3 Talinisu maapealne biomass ... 9
1.3 Talinisu kvaliteet ... 10
1.3.1 Mahukaal ja 1000 tera mass ... 10
1.4 Proteiin ... 11
1.4.1 Väetamine ... 12
1.4.2 Langemisarv ... 12
1.4.3 Gluteen ja gulteeni indeks ... 13
1.5 Jahu ja päts ... 13
KATSE METOODIKA ... 15
1.6 Katse üldiseloomustus ja mullastik ... 15
1.6.1 Variantide iseloomustus ... 16
1.7 Teostatud agronoomilised tööd ... 17
1.8 Proovide võtmine ja keemiliesed analüüsid ... 18
1.9 Pätside valmistamine ... 19
1.10 Ilmastikutingimused ... 20
1.11 Andmetöötlus ... 22
TULEMUSED JA ARUTELU ... 23
1.12 Talinisu terasaak ... 23
1.13 Talinisu terasaagi kujunemine ... 26
1.13.1 Talinisu taimede ja produktiivvõrsete arv pinnaühikul ja taime kohta ... 26
1.13.2 Talinisu biomass ... 28
1.13.3 Talinisu terade arv ja mass peas ... 29
1.14 Talinisu terade kvaliteet ... 32
1.14.1 Talinisu mahumass ja 1000 tera mass ... 32
1.14.2 Langemisarv ... 34
1.14.3 Proteiinisisaldus ... 36
1.15 Jahu ... 40
1.15.1 Pätsi ruumala ... 42
1.16 Majandusanalüüs ... 46
KOKKUVÕTE ... 49
KASUTATUD KIRJANDUS ... 51
SUMMARY ... 57

SISSEJUHATUS

Mahepõllumajandus on viimastel aastatel kõvasti laienenud just oma kasvupindade poolest. Samuti on suurenenud ka mahetoodete tarbimine, mis on tingitud rahvastiku teadlikkusest tervislikust toidust ning ka majanduslik võimekus on parem. Maheviljelus pole mitte ainult ökoloogiliselt kasulikum meie elukeskkonnale, vaid ka majanduslikult kasumlik. Nisu omab inimeste toitulaual tähtsat rolli, kuna on maailmas toodetava koguse hulga järgi teisel kohal (The Statstics Portal). Nisust valmib nii inimeste toit kui ka loomade sööt. Nisu jahu on enam levinud toiduaine küpsetiste tegemiseks.

Julgelt võib väita, et mahepõllumjanduse pind suureneb veel, mistõttu tihenenud konkurentsis jäävad alles ainult tugevamad ja targemad, kes oskavad oma tootele parema turu või konkurentsivõimelisema hinna leida. Suurenenud konkurentsis kannatab just teravilja hind. Pakkumine ületab nõudlust. Mahe toodete tarbimine küll suureneb, aga suurenevale toodangule ei ole nii palju turgu veel.

Antud uurimistöö eesmärgiks on selgitada mahe- ja tavaviljelusviisi mõju talinisu

1) saagikusele;

2) tera kvaliteedile ja

3) küpsetusomadustele.

Antud uurimistöö hüpoteesideks on:

1. Viljelusviis mõjutab talinisu peenjahu saagi suurust.

2. Mahesüsteemis kasvanud talinisu küpsetusomadused on võrreldavad tavasüsteemis kasvanud talinisu omaga.

Tänan antud lõputöö koostamisel abiks olnud juhendajat Maarika Alarut, Diana Salfi ja perekonda.

KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Mahe-ja tavaviljelusviis

Maheviljelus on põllumajanduse vorm, mis tugineb jätkusuutlikule agrotehnikale suurendades mullaviljakust ning bioloogilist mitmekesisust läbi külvikorra, allakülvide, bioloogiliste tõrjevahendite ja orgaaniliste väetiste kasutamise nagu kompost, sõnnik ning vahekultuurid. Suletud aineringe on põhialustalaks maheviljeluses. Koostöö looma- ja taimekasvatusega on tähtsal kohal. Taimekasvatuses toodetud söödad rahuldavad loomade vajadused ning loomakasvatusest tulev orgaaniline väetis aitab mullaviljakust säilitada. Kasutades orgaanilist sõnnikut, on võimalik tagada taimedele piisav toitainetega varustamine (Järvan et al. 2013). Tavaviljeluses kasutatakse samuti loomakasvatusest tulevat orgaanilist väetist, kuid sealt saadavad lämmastiku kogused ei ole piisavad suure saagi saamiseks ja seetõttu kasutatakse lisaks mineraalset väetist.

Maheviljeluse suureks probleemiks on lämmastiku puudulik kättesaadavus taimedele nende võrsumise faasis. Võrsumisstaadiumis otsustatakse taime terasaagi suurus (seda eelkõige hea võrsumisvõimega kultuuridel). Kirjanduse andmetel (Berry et al. 2002) on taimede võrsumisfaasis suuremaks probleemiks pigem lämmastiku kättesaadavus kui lämmastiku kogus. Lämmastiku vajadus fotosünteesivas koes on suurim ajal, mil päikese kiirgus on kõige intensiivsem. See periood on väga lühike ja taim peab omastama kiiresti piisava koguse lämmasikku. Orgaanilise lämmastiku omastatavus sõltub tema mineraliseerumise kiirusest, mis omakorda on mõjutatud mulla niiskusest, õhustatusest ja temperatuurist. Mineraliseerumise kiirus sõltub ka orgaanilise aine päritolust, komposteerimise kestvusest, varasemast väetamisest, mullaharimise intensiivusest ja ajast ning külvikorrast. Berry et al. (2002) leidsid, et maheviljelustaludes on mulla bioloogiline aktiivsus suurem ja seetõttu on ka orgaanilise aine mineraliiseerumine seal kiirem kui tavaviljelustaludes. Mitmeid uuringuid on tehtud, et parandada lämmastiku efektiivsemat kasutamist, kuid seda on peamiselt tehtud tavasüsteemi taludes.

Mahetoodete järele suureneb nõudlus aasta aastalt, see tuleneb valdavalt tänu paremale toidu kvaliteedile ning väiksemale keskkonna negatiivsele mõjule (Wolfe et al. 2008). Mahetootmise populaarsuse vähenemine talunike hulgas on tingitud madalast toodangu tasemest, mis

on omakorda tingitud lämmastiku puudusest mullas, mistõttu suureneb toodetava vilja omahind (Osman et al. 2011). Maheviljeluses on üheks suureks väljakutseks lisaks lämmastiku defitsiidile ka seenhaiguste tõrjumine või ennetamine. Mükotoksiinid on probleemiks nii tavatootjatele kui ka mahetootjatele. Mükotoksiinid on viljal arenevate hallitusseente ainevahetusproduktid, mis on mürgised nii loomadele kui ka inimestele. Hallitusseente tõrjumiseks või esinemise vähendamiseks tuleks maheteravilja kasvatamisel kasutada viljavaheldust ja õiget agrotehnikat ning eeltoodule saavad tavateravilja tootjad kasutada vajadusel taimehaiguste tõrje preparaate. Kõige enam aitab hallitusseente levikule ja mükotoksiinide taseme tõusule kaasa sademeterohke kasvuaasta (sademete rohkus just teravilja õitsemisel ning koristuseelsel perioodil), koristusega hilinemine, ebaõige koristusjärgne töötlemine ning vilja valedes tingimustes hoiustamine (niiskus > 14%). Vilja kuivatamisel on oluline kiire eelpuhastamine umbrohuseemnetest ja prahist, kuna need on viljast tunduvalt suurema niiskusega (Laikoja et al. 2013).Tavatootmises on kasutatavad tehnoloogiad mitmekülgsed ja enamasti rakendatakse võimalikult efektiivseid lahendusi. Tavaviljeluse üks eesmärk on toota võimalikult palju nii väikeste kuludega kui võimalik. Tihtipeale selline tootmine toob kaasa mitmeid keskkonnaprobleeme nagu bioloogilise mitmekesususe vähenemise, keskkonna reostuse ning mullaviljakuse languse. Negatiivset mõju keskkonnale on võimalik lahendada ilma, et peaks üle minema mahetootmisele. Üheks lahenduseks tavatootmises oleks integreeritud taimekaitse, kus suured põllud liigendatakse, külvikorrad muudetakse pikemaks, allakülvide ja vahekultuuride kasutamine. Selliste tehnoloogiate kasutusele võtmine tavatootmises suurendaks oluliselt bioloogilist mitmekesisust (Trewavas 2001).

1.2 Saagistruktuuri elemendid

Saagistruktuuri elemendid mõjutavad teraviljade saagipotentsiaali ning need sõltuvad väga palju lämmastikuga väetamisest, ilmastikust ja erinevatest agrotehnilistest võtetest (Older 1999). Saagi suurus sõltub sellest, kuidas kasvutingimused (ilmastik, väetamine jms) mõjutavad saagistruktuuri elemente. Tähtsaimateks elementideks on produktiivvõrsete arv taime ja pinnaühiku kohta, terade arv peas ja 1000 tera mass, mis on omavahel tihedas korrelatiivses seoses. Ühe struktuurielemendi suurenemine võib põhjustada tagasilööke teises ja vastupidi, seda eriti juhul, kui taime toitainetega varustatus või nende kättesaadavus pole piisavad (Järvan et al. 2006).

1.2.1 Produktiivvõrsed

Produktiivvõrsete arv taime ja pinnaühiku kohta on terasaagi suurust määravaks näitajaks eelkõige hea võrsumisvõimega kultuuride (rukis, tritikale, oder) puhul (Loide 2015). Taimede tugev võrsumine eeldab ka tugevat toitainetevaru mullas produktiivvõrsete arenemise ajal, vastasel juhul võib saak jääda kesisemakski väetamata taimede omast. Teravilja kogutoodangu suurendamine vajab nii suuremaid väetisekoguseid kui ka paremat väetiste efektiivsust. Ainuüksi ebasoodsatest ilmastikutingimustest põhjustatud üle 1/3 saagikaoga lähevad kaotsi ka plaanitava saagi jaoks muldaviidud toitained. Toitainete piisavaks omastamiseks on taimedele vajalik, et muld sisaldaks küllaldaselt vett (Loide 2015)

Talinisu produktiivvõrsete arv ruutmeetril sõltub mitmetest faktoritest nagu külvitihedus, tärganud seemnete arv ning talve üleelanud taimede arv (Bokan, Malesevic 2004). Bokan ja Malesevic (2004) leidsid oma kolme aasta pikkuses katses, et suurendades külvisenormi, kasvab ka produktiivvõrsete arv. Samuti täheldasid nad seda, et kõrgema külvisenormiga oli küll rohkem prodotuktiivvõrseid, kuid tänu sellele oli talinisu teri peas vähem ning samuti oli ka 1000 tera mass väiksem.

1.2.2 Talinisu terade arv ning terade mass peas

Väikeseteraliste teraviljade saagikus sõltub kahest põhilisest komponendist, selleks on terade arv ruutmeetril ning terade mass peas (Cossani et al. 2009). Kõige enam mõjutavad neid näitajaid ilmastiku tingimused 20 päeva enne õietsemist ning õitsemise ajal (Savin, Slafer, 1991). Kõrged temperatuurid sellel perioodil vähendavad oluliselt terade arvu peas (Ugarde et al. 2007). Cossani et al. (2009) leidis, et terade suurema arvu korral peas väheneb talinisu terade mass peas.

Talinisu terade arvu peas tuleb suurendada, et saavutada kõrgeid saake (Wicke et al. 1987). Teravilja saak sõltub rohkem terade arvust peas kui pea pikkusest ning pähikute arvust peas (Lazovic et al. 1994). Kelly et al. (1994) leidis, et kui võrrelda 1000 tera massi, peade arvu ja terade arvu ruutmeetril, siis hindamaks teravilja saagikust, on kõige olulisem jälgida terade arvu peas. Mitmed tänapäevased kõrge saagikusega talinisu sordid on tihtipeale madala 1000 seemne massiga, mida võib seostada pikema peaga ning rohke terade arvuga ruutmeetril (Kreft 1990).

1.2.3 Talinisu maapealne biomass

Biomassi (maapinnal asuv taimemass) saak on oluline valikuline tunnus talinisu sordiaretuses saagikuse parandamisel. Biomassi saagil on positiivne genotüübiline korrelatsioon tera saagikusega, produktiivvõrsete arvuga ja terade arvuga peas, aga negatiivne korrelatsioon koristusindeksiga (Sharma 1992). Sharma (1992) katses selgus, et selektsioon suurema biomassisaagiga taimede suunas peaks tooma positiivset mõju biomassi saagile, teravilja saagile, produktiivvõrsete arvule ja terade arvule peas.

Taimede fotosünteesi parandamine aretustöö käigus on väga suure agronoomilise tähtsusega suurendamaks biomassi produktsiooni. Kuna fotosüntees on tihedalt seotud lehe lämmastiku sisaldusega, siis riisi ja nisu puhul on aretuse tulemusena saadud sordid, mille lehe lämmastikusisaldus on kõrgem juhul, kui lämmastikväetist antakse suurtes kogustes (Makino 2011). Uued aretatud sordid on võimelised suuremates kogustes lämmastikku omastama ja selle tulemusena ka lämmastiku sisaldus lehtedes on suurem. Sageli taimed ei suuda kogu lisatud väetist omastada ja seetõttu suurte väetiskoguste juures toimub kas leostumine või lendumine. Uued sordid aga suudavad need suured kogused endasse koguda. Valgusküllases õhus toimuva fotosünteesi näitajaid saaks võrrelda lehes oleva lämmastiku sisalduse näitajatega, sest mõlemaid näitajaid väljendatakse lehepinna indeksi kaudu. Samas on neid näitajaid siiski raske omavahel võrrelda, sest C_3 taimede vahel on suur varieeruvus (Makino 2011). Evans (1989) leidis oma katses, et riisil ja nisul on kuni kümme korda suurem fotosünteesivõime lehe lämmastikuühiku kohta, kui on seda igihaljastel puudel. Fotosünteesi intensiivsus sõltub lämmastiku sisaldusest lehepinna ühiku kohta ja kõige suurem on see riisil ja nisul ulatudes kuni 10x suuremaks võrreldes igihaljaste puudega. Tema andmetel on fotosünteesi kiirus 10x suurem kui igihaljastel puudel.

Nisu saagikuse jätkuv suurendamine on keeruline, kui fotosünteesi ei suudeta parandada läbi geneetilise muundamise. Taimede fotosüteesivõime suurendamisel väheneks nende lämmastikuvajadus ja sellega kaasnev negatiivne mõju keskkonnale (Makino 2011). C_3 taimede muundamine C_4 taimedeks annab võimaluse parandada saagikust ligi 30%, sest sellisel juhul muutuks lämmastiku ja vee kasutamine efektiivsemaks (Rangan et al. 2016).

1.3 Talinisu kvaliteet

Saagi kvaliteeti mõjutab oluliselt viljelusviis. Arvamus, et mahetingimustes kasvanud tooted on tervislikud ja parema toiteväärtusega on üldlevinud. Samas osad uurimused on kinnitanud, et kui eri viljelusviiside puhul anda toitaineid ekvivalentsetes kogustes, siis mahe- ja tavaviljelusvariantide saakide vahel olulisi erinevusi ei ole (Järvan et al. 2013).

1.3.1 Mahukaal ja 1000 tera mass

Vilja puhtuse ja toodangu väljatuleku potentsiaali hindamiseks kasutatakse mahumassi näitajat. Samas, mahukaal alati ei peegelda objektiivselt vilja kvaliteeti, kuna see sõltub mitmetest erinevatest faktoritest nagu vilja prahisus, terade sõklasus, terade kuju, endospermi tihedus ning kui tihedalt asetsevad sõklad ümber tera. Vilja vastuvõtmisel on oluline kvaliteedi klassi määramise kiirus ning kuna mahukaalu on lihtne määrata, kasutatakse seda siiski vilja vastuvõtmisel. Mahukaal on tavaliselt väiksem suureteralistel sortidel, sest terade vahele jääb rohkem ruumi, samuti on mahumass väiksem pika teraga, ohtelistel ning pikkade sõkaldega teradel (Laikoja et al. 2013).

Mahumass näitab jahu saagi suurust, samas on ta ka nisu kvaliteedi näitaja. Tugev positiivne seos teramassi ja jahu saagi vahel on oodatud tulemus, sest suurema tera korral on endospermi ja tera kestade vaheline suhe suurem (Matsuo, Dexter 1980).

Mahukaal on sordiomane tunnus ning seda mõjutavad mulla toitainetega varustatus, toitainete ja vee kättesaadavus kasvu ja arengu erinevatel etappidel ning vegetatsiooniperioodi ilmastikutingimused. Mahumassi vähenemist põhjustavad kõrged temperatuurid ning teised stressifaktorid nagu põud, liigniiskus, taimekaitse vahenditest tulenev stress jne. Need faktorid vähendavad ka vilja üldist terasaaki. Samuti eelnevalt ära toodud faktoritele vähendab mahumassi veel vilja lamandumine, mis võib olla tingitud suurtest lämmastikväetiste annuste kasutamisest ning ebasootsatest ilmastikutingimustest nagu liigsed sademed (Laikoaja et al. 2013).

Tuhande tera massi väljendatakse grammides ja selle abil on võimalik hinnata tuhande loetud tera massi. See iseloomustab õhkkuivade ja kahjustamata terade suurust ja tihedust (Gwirtz et al. 2006). 1000 tera mass on üks saagikuse näitajatest ning üheks nisu liigitamise

parameetriks (Baril 1992). Tuumakust ja suurust näitav 1000 tera mass sõltub kasvutingimustest ning sordist sarnaselt mahumassile. Puuduliku väetamise, põua, liigniiskuse või lamandumise korral jääb 1000 tera mass väikseks (Laikoja et al. 2013). Lisaks mõjutab seenhaiguste levik oluliselt 1000 tera massi just maheviljelussüsteemides, kus seenhaiguste keemiline tõrjumine on keelatud (Feledyn-Szewczyk et al. 2014). 1000 tera massi on võimalik määrata kiiresti ning selle abil on võimalik eeldada nisu agronoomilise saagi suurust (Baril 1992).

1.4 Proteiin

Proteiinisisaldus on kõige sagedamini määratud ja kasutatud teravilja kvaliteedi hindamise kriteerium. Inimestele on proteiin vajalik toiduaine, samuti on ta ka teraviljast toodetava produkti kvaliteedi tagatiseks. Proteiinisisaldus sõltub taime liigist, agrotehnikast, sordist, kasvukeskkonast ning kasvutingimustest. Teraviljade proteiini aminohappeline koostis ei ole täiuslik, sest seal puuduvad mitmed asendamatud aminohapped nagu lüsiin, metioniin ja tsüstiin. Lämmastikuga varustatus mullas on kriitiliseks faktoriks kõrge proteiinisisalduse sünteesiks (Laikoja et al. 2013). Samuti leidsid Lin et al. (2015) oma pikaajalistes katsetes, et nii orgaaniline väetis kui ka mineraalne väetis suurendavad oluliselt nisu terades olevat proteiini hulka. Lisaks leidsin nad ka, et mineraalne väetis parandab terade proteiinisisaldust paremini kui orgaaniline väetis, sest mineraalne lämmastik on taimedele kiiremini kättesaadav kui orgaaniline lämmastik, mis laguneb mullas aeglaselt.

Kahtlemata on nisujahus palju komponente, mis määravad tema funktsionaalsuse. Eelkõige on jahu proteiini omadused otsustava tähtsusega nisujahu edaspidisel kasutamisel. Näiteks saia küpsetamiseks kasutatav jahu on erinev pasta valmistamiseks kasutatavast jahust (Veraverbeke, Decour 2010).

Proteiinid on nisu teras jaotunud üle tera laiali, tera igas kihis on proteiini kontsentratsioon erinev. Idus ja aleuroonkihis on proteiini rohkem kui 30%, endospermis on seda vastavalt ~13% ning kliides ~7%. Olgugi, et idus ja aleuroonkihis on rohkem proteiini, on siiski endospermis koguseliselt seda rohkem, kuna endosperm moodustab teramassist enamuse ja endosperm on tera osa, mis on esimese kategooria jahu peamine allikas (Koehler and Wieser 2012).

1.4.1 Väetamine

Mahetaludes kasutatav tahesõnnik on mulla makro- ja mikrofauna tegevuse parim ergutaja. Tänu mulla mikroorganismide aktiivsele elutegevusele vabanevad mullavarudes sisalduvad toitaineid taimedele omastatavasse vormi, seotakse õhulämamstikku, töödeldakse orgaanilised taimejäätmed huumusaineteks ning paraneb mullastruktuur. Sõnnik on samuti tähtis mikroelementide allikas, aga kuna sõnnikus on mikroelemendid tugevasti seotud ja vabanevad aegamööda alles orgaanilise aine mineraliseerumisel mikroobide kaasabil, siis ei ole toitainete leostumine nii suur. Organilise lämmastiku aeglasem kättesaadavus taimedele olulisel kasvuperioodil (võrsumisfaasis) põhjustab nende madalama saagikuse mahesüsteemis. Samuti varieerub mahetingimustes kasvanud taimede saagikus aastati suuremal määral kui tavaviljelussüsteemis kasvanud taimedel. Maheviljeluses ei peaks põhieesmärgiks olema kõrged saagid, kuid siisi tuleks püüelda sellise saagikuse poole, et kultuuride kasvatamine end majanduslikult ära tasuks ning seda ilma toetusteta. Esiplaanile tuleks seada saakide stabiilsus. Selle saavutamiseks tuleb lahendada mullaviljakuse säilitamise ja kultuuride taimetoitainetega varustamise probleemid (Järvan et al. 2013). Väiksemad lämmastikunormid ei võimalda saavutada teraviljadel maksimaalset saaki, kuid suuremad lämmastikunormid toovad ligi kahjureid ning haigustekitajaid, mistõttu väheneb teravilja saak. Selleks, et saada kõrget ja stabiilset saaki, tuleb suuremad lämmastikukogused anda jaotatult (Laloux et al. 1975).

1.4.2 Langemisarv

Küpsetuskvaliteedi määramisel oluliseks näitajaks on langemisarv (Laikoaja et al. 2013). Langemisarv iseloomustab nisujahus sisalduvate proteolüütiliste fermentide aktiivsust valkude lagundamisel. Kvaliteetse nisujahu langemisarv on 240–250 sek. Liiga kõrge langemisarv on samuti halb: toode (saiapäts) on väikese mahuga, tiheda sisuga ja kahvatu koorikuga. (Järvan et al. 2008).

Langemisarv väljendab ka tärklise seisundit teras – näitab, kas tärklis on hakanud lagunema suhkruteks. Juhul, kui tärklis on hakanud lagunema suhkruteks, siis ei saa sellest terast enam head küpsetuskvaliteediga jahu. Tärklist lagundavate ensüümide, eelkõige α-amülaasi aktiivsusest sõltub langemisarvu suurus. Ensüümi aktiivsuse tõus näitab, et tera on valminud

ning on valmis alustama uut elutsüklit, milleks ta idu kasvatamiseks vajab kergesti kättesaadavat energit, mida saab tera paremini kätte suhkrutest kui tärklisest. Ensüümide aktiivsus kasvab terade küpsemise ajal ja saavutab kõrgpunkti vahaküpsuse faasis ning seejärel langeb täisküpsuse saabumisel. Langemisarvu vähendavad rohked kasvu- ja koristuseaegsed sademed (Laikoaja et al. 2013).

1.4.3 Gluteen ja gulteeni indeks

Lisaks langemisarvule on oluline nisu kvaliteedi näitaja kleepvalk. Kleepevalk ehk teraliim ehk gluteen koosneb põhiliselt kahest kõrge molekulmassiga valgust – gliadiinist ja gluteniinist. Nende kahe valgu omadustest ning suhtest kleepvalgu koostises sõltubki nisu küpsetuskvaliteet. Kleepvalgu sisaldus sõltub toitainetega varustatusest, eelkõige lämmastiku olemasolust, kuid ka ilmastikust ning sordist. Kvaliteetses jahus peab kleepvalgu sisaldus olema vähemalt 28% (Tamm et al. 2011). Gluteeniindeks näitab kleepvalgu kvaliteeti ja selle tugevust, see mõjutab olulislt küpsetuskvaliteeti. Sarnaselt kleepvalgule sõltub see sordist ja kasvatustingimustest (Laikoja et al. 2013). Gluteeni kogusest ja selle kvaliteedist oleneb ka lõpptoodangu ruumala (Järval et al. 2012).

Kleepvalgud paisuvad veega kokkupuutes ning moodustavad taina kerkimisel ja küpsemisel eralduvate gaaside mõjul sitke ja poorse sõrestiku. Samuti annavad need valgud kalgendudes küpsetisele püsiva vormi ning tihke kooriku. Mida kõrgem liimvalkude sisaldus, seda paremad on jahu küpsetamisomadused (Suitsu 2010).

Kleepvalgu kvaliteeti iseloomustab tema elastsus, venitatavus. Nisujahu standardis on kvaliteedi näitajaks gluteenindeks. Elastsus on omadus pärast venitamist taastada oma esialgne kuju. Praktiliste kogemuste põhjal võib väita, et heade leivaküpsetusomadustega nisujahul on gluteenindeks 70–90% (Järvan et al. 2008).

1.5 Jahu ja päts

Nisu on unikaalne taim. Nisu jahu on väga unikaalne oma laia kasutuse poolest, sellest on võimalik teha küpsetisi, pastat ja nuudleid. Nisu jahu erineb oma funktsionaalsuse poolest teistest teraviljadest (Veraverbeke, Decour 2010). Jahusaak määratakse jahvatamisel vastavalt jahu väljatulekule peale kõrvalproduktide eemaldamist (The Nebraska Wheat … 2016).

Igapäevaelus mõeldakse jahust rääkides ja ka toiduretseptides tavaliselt pehmet valget nisujahu (*Triticum aestivum* L.). Kõrge proteiinisisaldusega (kuni 14%) ning rohkesti väärtuslikke mineraalaineid ja kiudained sisaldav täistera-nisujahu, mida leiutaja järgi kutsutakse ka grahamjahuks. Sellest jahust küpsetatakse rustikaalse maitsega, tervislikke lauasaiu ja kukleid. Kodusel küpsetamisel segatakse täisterajahu enamasti tavalise nisujahuga. Täisterajahu probleemiks on teiste jahudega võrreldes mõnevõrra lühem säilivusaeg. Nimelt kipuvad õlirikkad iduosakesed soojuse ja hapniku toimel rääsuma ja muudavad jahu maitse pikapeale mõrkjaks. Selle vältimiseks tuleks jahu pikemaks säilitamiseks pakkida õhukindlalt ning hoida jahedas, võimaluse korral lausa külmkapis. Täistera sisaldab rohkelt tervist ja heaolu säilitavaid komponente, nagu näiteks kiudained, E- ja B-rühma vitamiinid ning raud, magneesium ja teised mineraalained. Samas on energia- ja rasvasisaldus madal ning taimsel baasil oleva toiduna on täisteravili kolesteroolivaba. Lisaks energiale, organismi kaitsvatele bioühenditele ning kiudainetele on täistera-nisujahus arvukalt muid ühendeid, millel on mõju organismi heaolule (Suitsu 2010).

Jahu ja jahust toodetava toote värvust mõjutab toortuha hulk (The Nebraska Wheat … 2016). Mida suurem on ka kliide ja sõkalde osakaal, seda suurem on toortuha sisaldus talinisu terades (Kihlberg et al. 2004).

Bechtel ja Wilson (2003) ütlesid, et valge jahu e peenjahu hulk on mõjutatud viljelussüsteemist ning endospermi proportsioonist nisu teras, mis määrab ära jahu saagikuse taseme.

Inimeste sissetulekud on pidevalt tõusnud ning tänu sellele on järjest suurenenud pagaritoodete tarbimine (Lin et al. 2015). Küpsetusomaduste iseloomustamiseks kasutatakse kõige sagedamini pätsi ruumala, mille kaudu hinnatakse taigna tugevust. Tagamaks heade omadustega saia tootmise, peab nisujahu kvalideedi määramisel kindlaks tegema taigna tugevuse ja elastuse (Gwirtz et al. 2006).

Küpsetusomaduste hindamisel uuritakse pätsi mahtu ja hinnatakse vaatluse teel nii värvust, välimust kui ka koorikut (The Nebraska Wheat … 2016). Taigna välimus, struktuur, maitse, elastus ja lõhn on tugevalt seotud nisujahu töötlemisvõimalustega (Lin et al. 2015). Usaldatavat mõõtmist on keeruline teostada, kuna inimeste eelistused ja maitsemeeled on väga erinevad. Kindalt võib väita, et üldine eesmärk on kindlaks teha, kas jahust saadav lõpptoodangu välimus ja omadused on püsivad ning vastavad tarbija ootustele (The Nebraska Wheat… 2016).

KATSE METOODIKA

1.6 Katse üldiseloomustus ja mullastik

2008. aastal rajati Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakonna katsepõllule Eerikal (58˚22’ N, 26˚40’ E) pikaajaline põldkatse, et võrrelda mahe- ja traditsioonilise viljelusviisi mõju külvikorras kasvavate erinevate kultuuride saagikusele ja saagi kvaliteedile.

Katsepõllu muld oli *Stagnic Luvisol* (WRB klassifikatsiooni järgi; Deckers *et al.* 2002). Mulla lõimis oli liivsavi ja huumuskihi tüsedus keskmiselt 30 cm (Reintam ja Köster, 2006). Katsepõllu mulla süsinikusisaldus oli rajamisaastal 1.55%, üldlämmastiku sisaldus 0.14%, liikuva fosfori sisaldus 128.54 mg kg^{-1}, liikuva kaaliumi sisaldus 134.01 mg kg^{-1}, magneesiumi sisaldus 154.83 mg kg^{-1}, kaltsiumi sisaldus 1317.67 mg kg^{-1} ja mulla pH_{KCl} 5.8.

Mõlemas viljelussüsteemis kasutati viieväljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus oli järgmine: talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.), kartul (*Solanum tuberosum* L.), oder ristiku allakülviga (*Hordeum vulgare* L. *ja Trifolium pratense* L.), ristik (*Trifolium pratense* L.). 2012. aastal lõppes I rotatsioon ning 2017. aastal lõppes II rotatsioon. Antud uurimustöö põhineb andmetel aastatest 2013–2017 ja uurimisobjektiks oli talinisu (sort Fredis). Kuna talinisu Fredis talvitus 2015/2016 talvel väga halvasti, tuli kevadel 2016 enamusele katselappidele külvata suvinisu. Seetõttu on sellest analüüsist välja jäetud 2016. a. talinisu näitajad, seega hõlmab uuritav periood aastaid 2013–2015 ja lisaks ka aasta 2017. Talinisu külvinorm oli 450 idanevat seemet m^2 kohta. Katse oli üles ehitatud süstemaatilise plokksüsteemina neljas korduses. Igas korduses oli esindatud terviklik külvikord, mis jagunes 7 väetisvariandiks (maheviljeluse süsteemis kolm ja traditsioonilises viljelussüsteemis neli väetisvarianti). Kordused ja variandid olid üksteise kõrval ilma eraldusribata, katselapi pindala oli 60 m^2. Vältimaks maheviljelus süsteemi saastumist pestitsiidide ja mineraalväetisega olid mahe- ja tavaviljelussüsteem eraldatud 18m laiuse rohuribaga, mida niideti kasvuperioodil mitu korda.

1.6.1 Variantide iseloomustus

Maheviljelussüsteemis kasutati kolme väetusvarianti, mis erinesid üksteisest lämmastiku allika poolest: Org 0, Org I ja Org II. Org 0 ehk mahesüsteemi kontrollvariant, mille ainus lämmastiku allikas oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride (*Pisum sativum* L. ja *Trifolium pratense* L.) poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N_2. Org I variandis oli lämmastikuallikaks lisaks N_2-le veel talviste vahekultuuride poolt seotud lämmastik. Org II variandil oli lisaks liblikõieliste poolt mulda seotud N_2-le ja vahekultuuride poolt seotud õhulämmastikule veel ka hästi komposteerinud sõnnik. Komposteerinud sõnnikut anti talinisule pealtväetisena varakevadel 10 t ha^{-1}.

Tabel 1. Sõnniku keemilised omadused ja toiteelementide keskmised sisaldused kuivaines aastatel 2013–2017 tehtud analüüside põhjal

Aasta	pH_{KCl}	N %	P %	K %	Kuivaine, %
2013	7,0	1,2	0,4	0,95	45
2014	7,7	1,3	0,4	1,2	35
2015	6,8	2,8	0,5	2,0	16
2017	7,5	2,1	0,6	1,4	21

Sõnniku keemilised omadused (tabel 1) ja lämmastiku, fosfori ning kaaliumi kogused olid sõltuvalt aastast: pH_{KCl} – 6,8–7,7; kuivainesisaldus (KA) – 16,0–45,0%; $C_{üld}$ – 1,15–1,41%; $N_{üld}$– 45–54 kg N ha^{-1}; $P_{üld}$ –8–13 kg P ha^{-1}; $K_{üld}$ – 29–43 kg K ha^{-1}. Tavaviljelussüsteemis olid lämmastiku allikaks külvikorras kasvanud liblikõielised kultuurid ja mineraalne lämmastikväetis. Väetusvariandid tavaviljelussüsteemis erinesid üksteisest mineraalse lämmastiku koguste poolest: N0 ehk kontrollvariant, millele mineraalset lämmastikväetist ei lisatud, lämmastikuga mulla varustamine toimus samal viisil kui maheviljelusviisi Org 0 variandis. Variantide N50, N100 ja N150 mineraallämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}. Lisaks mineraalsele lämmastikule anti kõikidele väetatavatele talinisu variantidele külvieelselt fosforit ja kaaliumi kompleksväetisena vastavalt 25 ja 95 kg ha^{-1} tegevaines. Lämmastikväetiseks oli NH_4NO_3, mis anti talinisule varakevadel võrsumisfaasi alguses.

Suurte lämmastikukoguste jaotati väetamine kaheks, vastavalt 50+50 ja 100+50, teine osa lämmastikväetist anti loomiseelses faasis.

1.7 Teostatud agronoomilised tööd

Talinisu külvile eelnevalt varasemalt teostati põldudel kultiveerimine, kuid hilisemal ajal hakati ka põlde eelnevalt kündma ning seejärel kultiveerima või freesima (tabel 2). Külvid tehti valdavalt septembri teises pooles, mis on talinisu külviks optimaalne aeg. Enne külvi teostati põldudel NPK 3-11-24 väetisega väetamine normiga 500 kg ha^{-1}.

Tabel 2. Teostatud agronoomilised tööd talinisul aastatel (2012–2017)

Agronoomilised tööd	2012	2013	2014	2015	2017
Talvitumise hindamine		23.04.			
Umbrohtude määramine		29.04.	11.04.	24.04.	07.04.
Äestamine		07.05.	15.04.	24.04.	11.04.
Pritsimine umbrohtude vastu (tavasüsteemi variantidel)		14.05.	09.05 ja 16.05.	08.05.	19.05.
Pritsimine kasvureguleerimine (tavasüsteemi variantidel)		29.05.	26.05.	28.05.	
Väetamine		04.06.	15.04 ja 29.05.	20.04. ja 05.05.	25.04. ja 27.04.
Haiguste määramine		18.06.	10.06.	14.05.	
Pritsimine haiguste vastu		20.06.		28.05.	15.06.
Umbrohtude määramine		12.07.	08.07.	07.07.	04.07.
Umbrohtude lõikamine		22-24. 07.			
Vihu proovid		25.07.	28.07.	09.08.	09.08.
Koristamine		30.07.	04.08.	13.08.	28.08.
Künd			20.08.	07.09.	
Kultiveerimine/Freesimine	03.09.	16.09.	29.08 ja 15.08.	11.09.	
Sügisene väetamine	04.09.	10.09.	18.09.	02.10.	
Talinisu külv	05.09.	16.09.	15.09.	28.09.	
Rullimine	06.09.	16.09.	15.09.	29.09.	
Tärkamine	16.10.				

Kompleksväetisega antavad normid olid vastavalt N15-P25-K95. Lisaks kompleksväetisele anti ka AN34,4 15 kg ha^{-1}, mis tegi lämmastiku tegevaine normiks 5 kg ha^{-1}. Maheviljeluse Org II variant sai kasvuaegselt (pealtväetisena varakevadel) hästi komposteeritud sõnnikt 10 t ha^{-1}, mis hiljem äkkega ühtlaselt laiali laotati. Tavaviljelussüsteemi variantidel kasutati umbrohtude tõrjeks lisaks äestamisele Sekator OD-d kulunormiga 150 ml ha^{-1}. Seda taimekaitse vahendit on kasutatud juba pikka aeg, mis võib viia pikaajalisel järjestikul kasutamisel resistentsuse tekkeni. Enne tavasüsteemi variantide pritsimist teostati kõikidel põldudel haiguste seire.

Enamlevinud haigused olid kõrreliste helelaiksus (*Septoria tritici*), nisu pruunlaiksus (*Drecslera tritici-repentis*) ning kõrreliste jahukaste (*Blumeria graminis*), mida esines vähem. Haiguste tõrjeks kasuti 2013–2015 aastatel Allegro Superit kulunormiga 0,5 l ha^{-1} ning aastal 2017 vahetati taimekaitse vahendit, milleks oli Zantara, mis erineb eelmisest toimainete osas. Koristusele eelnevalt võeti põldudel vihu proovid. Talinisu koristus toimus 2013, 2014 ja 2015 augusti esimesel poolel, kuid 2017. a. toimus koristus augusti lõpus, mis oli tingitud madalamatest temperatuuridest kasvuajal ning sademeterohkest aastast.

1.8 Proovide võtmine ja keemiliesed analüüsid

Enne talinisu koristust võeti kõikidelt variantidelt 0.3 m^2 suuruselt alalt talinisu vihud, millest määrati taimede arv, üld- ja produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta, 20 juhuslikult valitud kõrre ja pea pikkus, pähikute ja terade arv peas ning terade mass peas. Vihu kaudu arvutati maapealne biomass. Talinisu terasaak hektari kohta leiti vastavalt kombaini heedri laiuselt koristatud pinnaühikult, mis võrdus 20 m^2 (2 x 10 m). Korisatud ning puhastatud ja kuivatatud viljast määrati või leiti arvutuslikult: 1000 tera mass (g), mahumass (g/l), lämmastiku sisaldus terades (%), proteiini sisaldus terades (%), langemisarv (s), märja teraliimi sisaldus (%), gluteeniindeks (%), kliide ja sõkalde osakaal (%), pätsi ruumala (ml) ja eriruumala (ml/g).

Keemilised analüüsid taimede ja sõnniku proovidest teostati Eesti Maaülikooli mulla- ja agrokeemia osakonna keemialaboris. Ahjus kuivatatud sõnnikuproovide üldlämmastiku ($N_{üld}$) sisaldus määrati kuivtuhastamise meetodil vario MAX CNS elementanalüsaatoriga ELEMENTAR (Agricultural Research… 1986). Sõnniku üldfosfori ($P_{üld}$) ja üldkaaliumi ($K_{üld}$) kontsentratsiooni määramiseks kasutati märgtuhastamismeetodit väävelhappe lahusega.

Proteiinisisalduse teada saamiseks korrutati tera lämmastikusisaldus teguriga 6,15. Algselt kasutati kordajat loomkatsetes, kuid korrektsete tulemuste saamiseks on soovitav kasutada tegurit, mis arvestab nisu eripärasid. Lämmastikusisaldus proteiinis võib varieeruda vahemikus 16–17,5% mis tähendaks teguri varieerumist vahemikus 5,7–6,25 (Tkachuk, 1969).
Talinisu terade langemisarvu ja gluteenisisalduse ning gluteeniindeksi määramiseks kuivatati terad eelnevalt 60 °C juures ning terade jahvatamiseks kasutati laboratoorset Perten Instruments veskit LM 3100 (Perten Instruments 2018). Langemisarv tehti kindlaks vastavalt α-amülaasi aktiivusele, milleks kasutati Hagberg-Perten metoodikat ning Perten Instruments aparaati Falling Number 1700 (Icc-Standard No. 107/1 1968; Perten Instruments 2018). Kleepvalgu määramiseks kasutati täisterajahu (niiskusesisaldus 14%) ning gluteeniindeks leiti vastavalt Peten'i metoodikale kasutades Perten Instruments aparaate Glutomatic 2100 ja Centrifuge 2015 (ICC-Standart No. 155 1994; Perten Instruments 2018).

1.9 Pätside valmistamine

Jahu küpsetusomaduste määramiseks võeti iga katsevariandi teradest 1000 g proov, mis kuivatati ning seejärel jahvatati. Jahvatamiseks kasutati laboriveskit, ning seal olnud erinevate sõelte läbimõõdu abil jaotati jahu kolme erineva suurusega fraktsiooniks. Kliid ja sõklad (osakeste suurus üle 380 µm), jämedateraline jahu (osakeste suurus 220–380 µm) ning peenjahu (osakeste suurus alla 230 µm). Peenjahu kasutati saiapätsi valmistamiseks ning taigna hindamiseks.
Taigna valmistamine toimus käsitsi. Taigna tegemiseks kaaluti 90g jahu, võeti 35 ^{o}C vett (56 cm^3), vees lahustati 2,7g pärmi, 0,9g keedusoola ning 2,25g suhkrut. Jahu ja vesi segati viis minutit ning seejärel asetati etiketiga varustatult 30 minutiks termostaati kerkima. Pärast 30 minutit segati tainas uuesti ning asetati uuesti termostaati kerkima 60 minutiks. Seejärel segati tainas ning tehti sile pallike ja asetati vormiga termostaati, kus taigen kerkis maksimaalse ruumala saavutamiseni umbes 30 minutit. Pätsi küpsetamiseks kuumutati ahi 220–230 ^{o}C juurde ning küpsetati 25 minutit. Pärast küpetust võeti pätsid välja ning kaeti rätikuga ja seejärel teostati pätsi kaalumine. Arvutati küpsetuskadu (taigna kaal – pätsi kaal; vahe jagatakse taigna kaaluga). Pätsi ruumala tehti kindlaks üheliitrisesse anumasse valatud linaseemnete ruumala kaudu ning arvutati ka pätsi eriruumala (pätsi ruumala, ml).

1.10 Ilmastikutingimused

Meteoroloogilised andmed koguti ilmajaamast, mis asub kahe kilomeetri kaugusel põldkatsest (tabel 3 ja 4). Vaadates joonist (vt. joonis 2.), siis parim aasta saagikust vaadates oli 2015. a. Kevadel olid keskmised temperatuurid üldisest keskmisest oluliselt suuremad, mistõttu sai talinisu varem kasvu alustada ning toitaineid varuma hakata. Pika-ajalise keskmisega võrreldes oli 2015. aasta märtsi temperatuur 49% kõrgem. Terade täitumisperioodil juulis olid temperatuurid mõnevõrra madalamad, mis pikendas terade täitumisperioodi ja soodustas täitumist. Samuti võrrelduna pikkajalise keskmisena oli juuli temperatuur 10% madalam kui sama perioodi pikka-ajaline keskmine.

Tabel 3. Keskmine temperatuur (°C) aastal 2012–2017 võrrelduna pikkaajalise keskmisega (1969 –2017)

Kuu	Keskmine temperatuur, °C						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	1969 - 2017
Jaanuar		-7,2	-7,8	-1,9	-9,4	-3,5	-5,2
Veebruar		-3,6	-0,3	-0,8	0,3	-2,9	-5,4
Märts		-7,8	2,2	2,7	-0,1	1,4	-1,4
Aprill		3,5	6,5	5,4	6,1	3,4	4,8
Mai		14,8	11,9	10,2	14	10,2	11,4
Juuni		18,2	13,4	14,2	21	14	15,4
Juuli		17,8	19,3	15,7	17,8	15,9	17,5
August	15,3	16,9	16,8	17	16,1	16,8	16,2
September	12,2	11	12,1	12,5	12,3	12,3	11
Oktoober	5,6	6,6	5,3	4,2	4,1	5,4	5,6
November	2,6	3,5	1,5	3,1	-1	2,4	0,6
Detsember	-6,6	1	-1,5	1,4	-0,4	2,4	-3
Keskmine		**6,2**	**6,6**	**7,0**	**6,7**	**6,5**	**5,6**

*Andmed pärinevad Eerika ilmajaamast

Võrreldes eelnevate aastatega oli 2017. a. aprilli ja mai temperatuur mõnevõrra madalam, mis aeglustasid talinisu taimede arengut. Samuti oli õhutemperatuur madalam sellel perioodil pika-ajalisest keskmisest näitajast 1969–2015. Seetõttu nihkus ka taimede vegetatsiooniperiood kuu aega pikemaks kui eelnevatel aastatel. Kogu sademete hulk taime kasvuperioodil 2017. a. (jaanuar-detsember) oli 42 mm madalam kui pika-ajaline keskmine. 2017. aastal olid tingimused taime kasvuks soodsad, sest vastavalt juunis ja juulis olid õhutemperatuuri näitajad pika-ajalisest keskmisest kuni 1,6 °C madalamd, mis pikendas tera täitumisperiood.

2013. ja 2015. aastal oli sademeid mõnevõrra vähema kui 2014. ja 2016. aastal. Kuigi sademete poolest soodne aasta taimekasvuks oli ka 2013, siis suured temperatuuri kõikumised mõjutasid tugevalt 2013. aasta saagikust (vt. Joonis 2.).

Tabel 4. Sademete summa (mm) aastal 2012–2017 võrrelduna pikaajalise keskmisega (1969 – 2017)

Kuu	Sademete summa, mm						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	1969 - 2017
Jaanuar		9	25	30	34	27	30
Veebruar		14	12	8	56	22	23
Märts		15	9	12	23	17	23
Aprill		17	13	51	52	52	29
Mai		61	84	60	1,6	16	56
Juuni		52	103	36	125	94	78
Juuli		63	71	58	82	61	70
August	87	75	113	42	42	106	88
September	58	27	22	59	15	83	56
Oktoober	45	45	36	12,6	33	75	56
November	50,2	70	10	58,8	46	26	45
Detsember	9	16	42	46,2	31	52	35
Summa		**464**	**540**	**474**	**541**	**631**	**589**

*Andmed pärinevad Eerika ilmajaamast

Võrreldes 2015. ja 2017. aasta sademeid, siis 2017. aastal oli sademeid 25% rohkem, kui 2015. aastal. Augustis, septembris ja oktoobris oli sademete hulk tunduvalt suurem kui varasematel aastatel ning samuti ka suurem pika-ajalisest keskmisest. Suur sademete hulk sellel perioodil lükkas koristusperioodi veelgi pikemaks ning vähendas teraviljade kvaliteedi näitajaid. Tingimused taime kasvuks aastal 2017 olid soodsad, sest suuri kõikumisi temperatuurides juunis-juulis ei olnud, temperatuurid olid pisut madalamad pika-ajalisest keskmisest ja see pikendas terade täitumisperioodi ja suurendas ka terasaaki, kuid palju sademeid koristusperioodil vähendas teraviljade kvaliteeti.

1.11 Andmetöötlus

Andmete analüüsil kasutati korrelatsioonanalüüsi, mitmefaktorlist dispersioonanalüüsi ANOVA-t. Statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks viljelusviisi ja katseaasta mõju hindamisel kasutati kirjeldavat analüüsi. Keskmised näitajad on esitatud koos standardveaga (±SE; joonistel näidatud vastavate joonekestega). Statistilise olulisuse tase määrati $p < 0,05$, kui ei ole märgitud teisiti.

Antud uurimustöö on koostatud järgides Eesti Maaülikooli (2018) lõputööde vormistamise juhendit ja nõudeid.

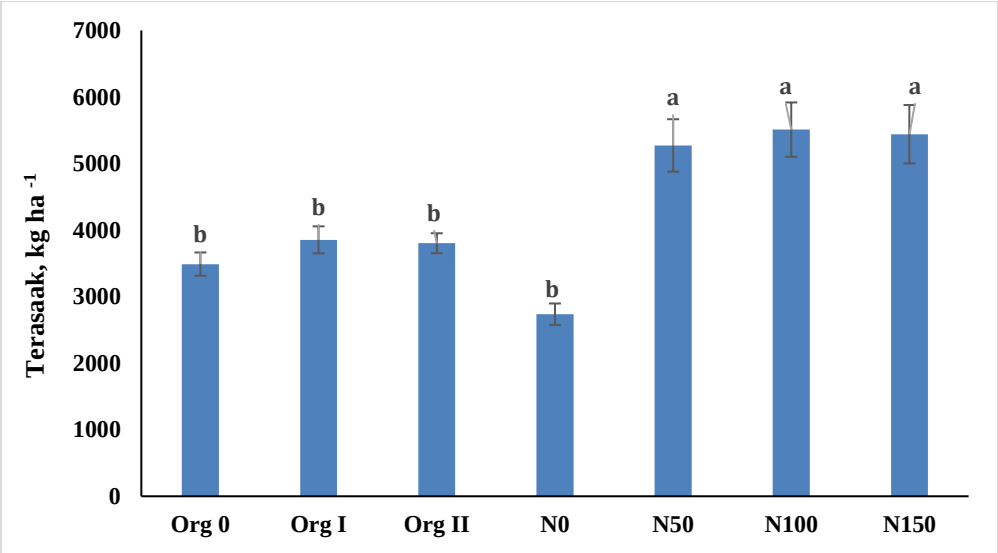
TULEMUSED JA ARUTELU

1.12 Talinisu terasaak

Antud magistritöö põhineb kahefaktorilisel põldkatsel, kus talinisu terasaagi ja selle kvaliteedi kujunemist uuriti kahe mõjufaktori alusel: katseaastate ilmastik ja mahe- ning tavaviljeluses kasutatud väetisvariandid.

Jooniselt 1 võib välja lugeda seda, et maheviljeluse väetisvariantide saagid on katseaastate keskmisena usutaval määral väiksemad kui tavaviljeluse väetisvariantide saagid. Dispersioonanalüüsi järgi mõjutasid talinisu terasaaki meie katses usutaval määral mõlemad uuritud faktorid (väetisvariant 43% ja aasta ilmastik 29% ulatuses). Mahetingimustes kasvanud viljad on kehvema saagikusega kui tava tingimustes kasvanud viljadega, kuna mahesüsteemis on saaki limiteerivaks faktoriks lämmastiku kättesaadavus (Berry et al. 2002). Viljad, mis on kasvanud mahetingimustes, on tavaliselt 60–70% madalama saagikusega kui viljad, mis on kasvanud tavatingimustes (Mäder et al. 2007). Nii tava- kui ka maheviljeluse väetisvariantide terasaagid viljelusviisi siseselt usutaval määral ei erinenud. Tavaviljeluse väetatud variantide keskmised terasaagid kõikusid 5272–5441 kg ha^{-1} vahel, samad näitajad maheviljeluse variantidel olid 3489–3853 kg ha^{-1}. Jooniselt 1 on näha, et N0 variandi terasaak oli kõige väiksem, see variant ei saanud lisalämmastikku, vaid sai külvikorrast liblikõieliste poolt seotud õhulämmastikku. N0 variandi terasaak oli ca poole väiksem teistest tavaviljelussüsteemi variantidest. Maheviljeluse variantides omavahel usutavaid erinevusi ei olnud, kuid keskmisena oli kõige suurem Org I varinat vastavalt 3853 kg ha^{-1}, mis erines Org II variandist kõigest 50 kg ha^{-1}.

Suuremaid talinisu terasaake saadi tavaviljelusega väetisvarintidelt väga mitmel põhjusel. Kõige suurem erinevus mahe- ja tavaviljeluse vahel oli kevadise mineraalse lämmastiku kogustes, mis oleksid taimedele kättesaadavad nende võrsumis- ja kõrsumisfaasis. Üheks põhjuseks on kindlasti lämmastiku kättesaadavuse ebaregulaarsus maheviljeluses, sest orgaaniline lämmastik peab läbima mineralisatsiooniprotsessi, et muutuda taimedele kättesaadavaks (Osman et al. 2011). Hanell et al. (2004) on öelnud, et väiksemate lämmastikukoguste tõttu on mahepõldudel kasvanud nisu terasaak ja proteiinisisaldus väiksem kui tavapõldude nisul.



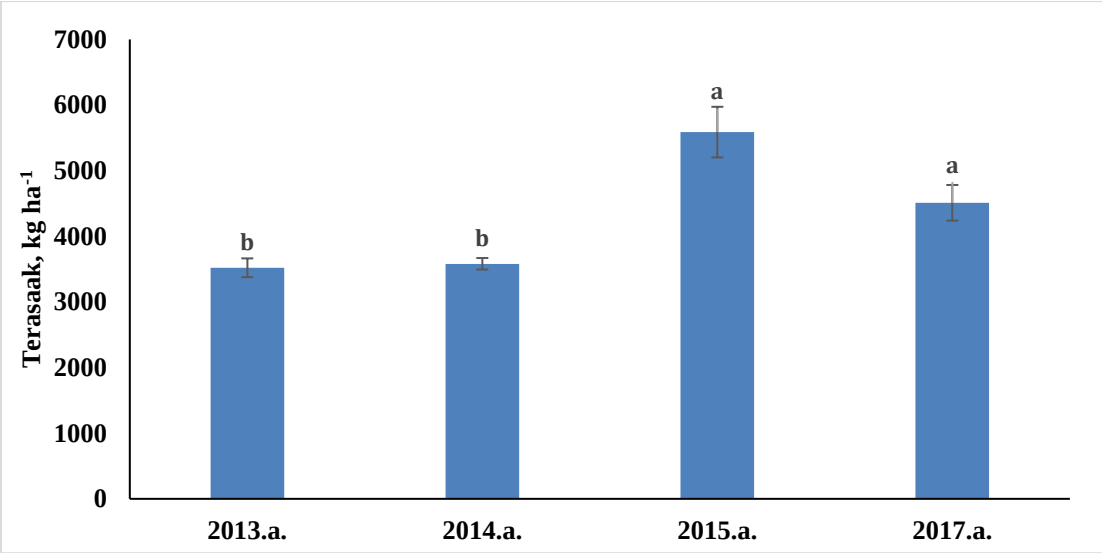
Joonis 1. Viljelusviiside väetisvariantide mõju talinisu terasaagile (kg ha^{-1}) aastate 2013–2015+ 2017 keskmisena.

Org 0 – maheviljeluse kontrollvariant; Org I – maheviljeluse variant talviste vahekultuuridega; Org II – maheviljeluse variant talviste vahekultuuride ja sõnnikuga; N0 – tavaviljeluse kontrollvariant; N50, N100 ja N150 – tavaviljeluse variandid, kus mineraalse lämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}.

*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Lisaks teostatakse tavaviljeluse põldudel taimekaitse töid, mis aitavad maha suruda umbrohtumust ning seeläbi suureneb talinisu konkurentsivõime umbrohtude suhtes. Kasutatakse ka fungitsiide seenhaiguste tõrjeks, mis pikendavad taimede kasvuperioodi ning hoiavad taime tervena (www.agronoom.ee).

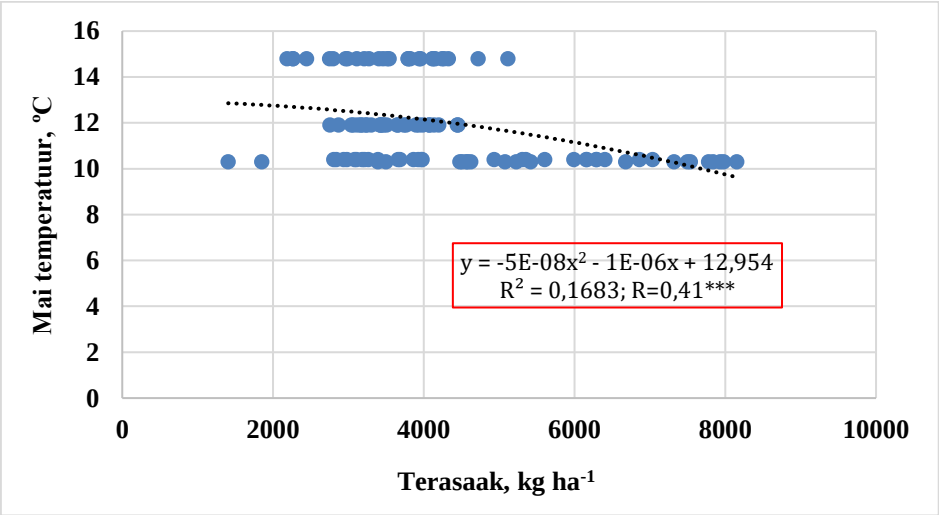
Lisaks viljelusviisile mõjutab kõikide kultuuride saagikust ka aasta ilmastik. Kui vaadelda antud katses talinisu terasaaki aastate kaupa variantide keskmisena, siis suurim saagikus on olnud 2015. aastal. Ilmastik sellel perioodil on olnud samuti soodne vt (tabel 1 ja 2), sademeid on olnud piisavalt ning temperatuuri kõikumised ei ole olnud suured. Jooniselt 2 võib välja lugeda seda, et kuigi 2015. ja 2017. aasta terasaagi vahel usutavat erinevust ei olnud, siis keskmisena erines nende aastate terasaak koguni 1000 kg ha^{-1}.



Joonis 2. Talinisu terasaak kg ha^{-1} aastate kaupa variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017.

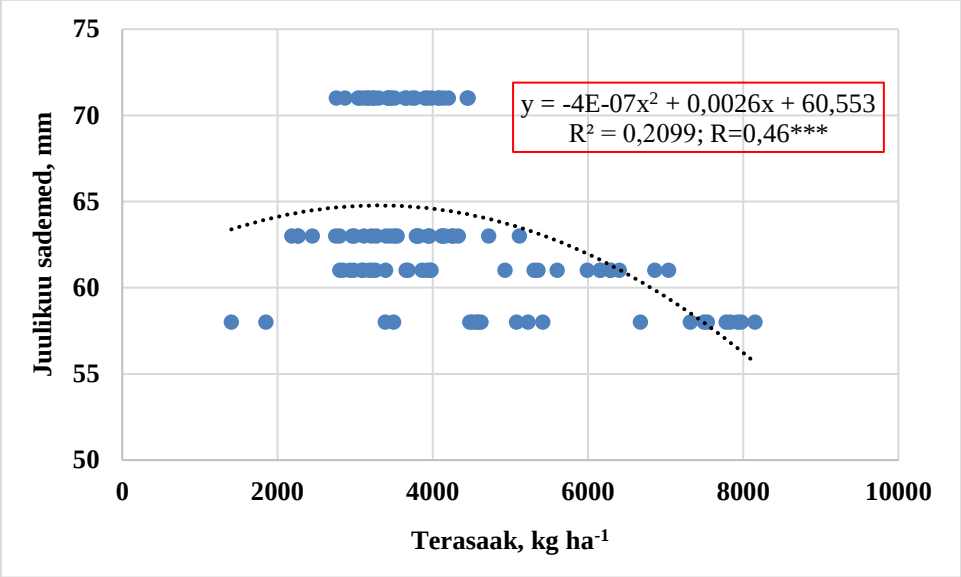
*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Korrelatsioonanalüüsist selgus, et terasaaki mõjutasid kõige enam maikuu keskmine temperatuur ja juulikuu sademete kogus (joonised 3 ja 4). Jooniselt 3 võib välja lugeda seda, et mida madalamad on maikuu temperatuurid, seda suuremaks kujuneb talinisu saagikus sügisel. Jahe maikuu soodustas talinisu taimede juurdumist ja võrsumist (Valgus et al. 2000). Samuti usutavalt mõjutavad maikuu sademed talinisu saagikust, mida vähem sademeid maikuus, seda suurem saagikus.



Joonis 3. Seos maikuu temperatuuri ja talinisu terasaagi vahel aastatel 2013–2015 ning 2017.

Liigselt vähe sademeid samuti pole hea, kuna väetis ei lahustu mullas ning taim ei saa toitained mullast kätte. Palju sademeid tekitab taimel stressi, mis on tingitud liigsest veest (Valgus et al. 2000). Sarnaselt maikuu sademetele mõjutab usutavalt juulikuu sademete kogus talinisu saagikust. Liigselt sademeid tera täitumisperioodil ei ole hea (Koppel ja Kangor 2017). Optimaalne juulikuu sademete summa on 60 mm, sellise sademete hulga juures on taimel piisavalt vett toitainete omastamiseks ning toitainete transpordiks seemnetesse. Selline kogus vett ei tohiks sadada maha korraga vaid optimaalselt (Keppart 2017).



Joonis 4. Seos juulikuu sademete hulga (mm) ja talinisu terasaagi vahel aastatel 2013–2015 ning 2017.

1.13 Talinisu terasaagi kujunemine

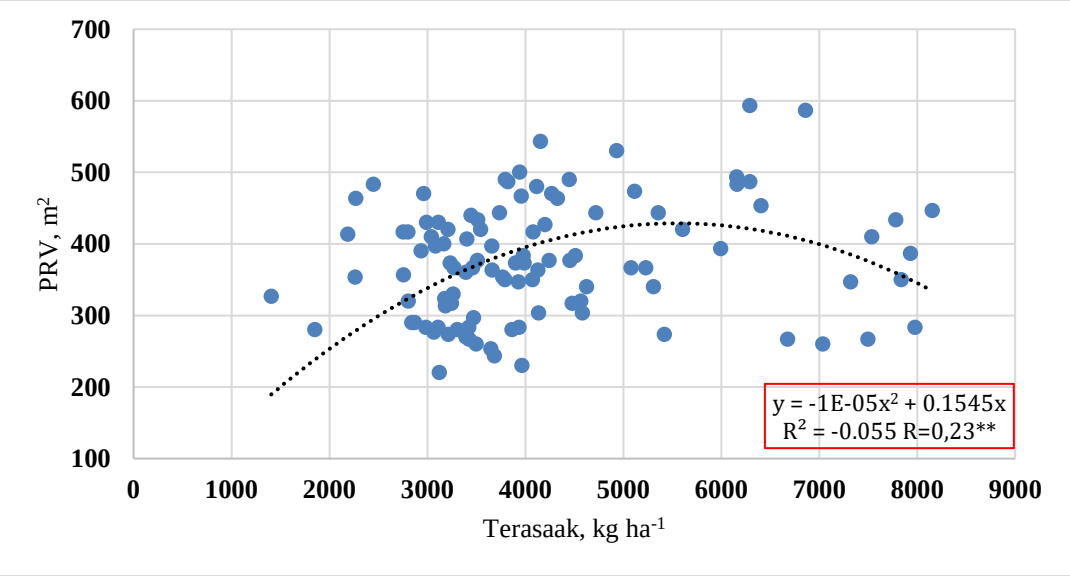
Saagi suurus sõltub sellest, kuidas kasvutingimused (ilmastik, väetamine jms) mõjutavad saagistruktuuri elemente. Tähtsaimateks elementideks on produktiivvõrsete arv taime ja pinnaühiku kohta, terade arv peas ja 1000 tera mass, mis on omavahel tihedas korrelatiivses seoses (Järvan et al. 2006).

1.13.1 Talinisu taimede ja produktiivvõrsete arv pinnaühikul ja taime kohta

Talinisu kui talvituva kultuuri üks tähtsamaid saagistruktuuri elemente on taimede arv pinnaühku kohta. Antud katses oli 2015/2016 aasta talv talinisule äärmiselt ebasobiv (suured

temperatuuri kõikumised, vt tabel 3), mistõttu kevadeks oli valdav osa talinisutaimedest hukkunud ja asemele tuli külvata suvinisu. Seetõttu ei ole antud magistritöös 2016.a. andmeid ka käsitletud. Teised aastad antud perioodil (2013–2017) olid talvitumiseks soodsad, taimede arv variantide vahel usutavalt ei erinenud ja terasaaaki usutaval määral ei mõjutanud (R=0,06).

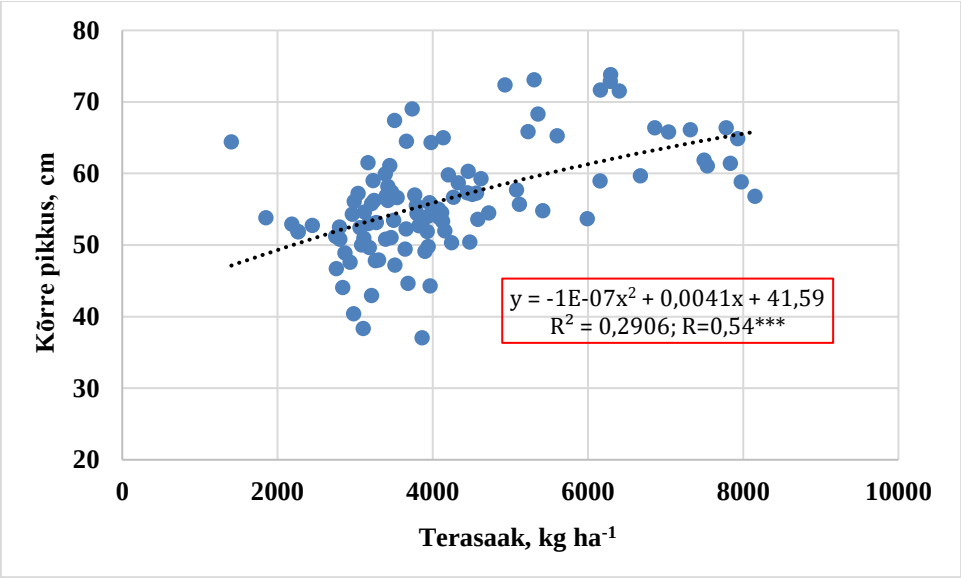
Teiseks väga oluliseks saaki mõjutavaks teguriks on produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta. Kirjanduse andmetel (Spiertz 1983; Alaru et al. 2001) peaks teravilja produktiivvõrsete arv olema vähemalt 500 tk m^{-2}, et saada majanduslikult tasuv saagikus. Meie katses oli talinisul produktiivvõrseid vähem kui kirjanduses toodud arvud, aga talinisu on ka suhteliselt halvem võrsuja kui näiteks rukis või hiline oder. 2013. aastal oli kõikide variantide keskmisena produktiivvõrsete arv ruutmeetril 436, samal aastal mahesüsteemi keskmisena oli vastavalt 418 ning tavaviljelussüsteemis 449 produktiivvõrset ruutmeetri kohta. Kõige vähem prduktiivvõrseid olid 2017. aastal mahesüsteemis, mis oli 40% vähem kui 2013. aastal. Tavasüsteemis oli kõige vähem produktiivvõrseid 2014. aastal, kus pinnaühiku kohta produktiivvõrseid oli 336, mis on 33% vähem kui aasta varem. Bokan ja Malesevic (2004) leidsid, et suurema külvisenormiga külvatud katselappidel oli küll rohkem prduktiivvõrseid, kuid seetõttu kannatas terade arv ja mass peas.



Joonis 5. Seos talinisu terasaagi ja produktiivvõrsete arvu vahel pinnaühiku kohta aastatel 2013–2015 ning 2017.

1.13.2 Talinisu biomass

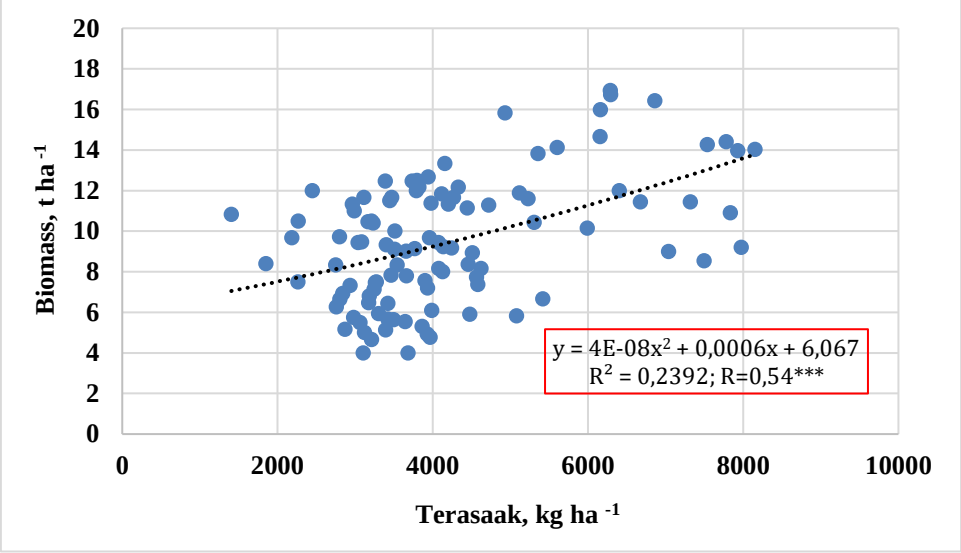
Suurema maapealse biomassi kujunemine on väga oluline edasise terasaagi seisukohalt. Kirjandusest on teada, et maapealne biommass korreleerub positiivselt terasaagiga (Alaru et al. 2009; Seufert et al. 2012) ja kõrre pikkus peegeldab hästi lämmastiku kättesaadavust taimede varasemates kasvufaasides ning ennustab hilisemat biomassi suurust (Donmez et al. 2001; White, Wilson 2006). Antud katses korreleerus kõrre pikkus edaspidise biomassi- ja terasaagiga (korrelatsioonikoefitsient vastavalt R=0,22 ja 0,27; p<0,01 ja 0,01) ning viljapea pikkusele olid samad näitajad vastavalt R=0,56 ja 0,39 (p<0,001 ja 0,001, vastavalt). Kõrre pikkus varieerus aastate ja variantide vahel 37 ja 75cm vahel. Aastal 2015, kus on olnud suurim talinisu saagikus (vt joonis 2) on olnud ka keskmine kõrre pikkus varianditi suurem, kui teistel uuritavatel aastatel. Võrreldes 2015. a. keskmisega on aastate 2014 ja 2017 keskmine kõrre pikkus 9% ning 2013. aasta sama näitaja 15% väiksem.



Joonis 6. Seos talinisu kõrre pikkuse ja terasaagi vahel aastatel 2013–2015 ning 2017.

Biomassi suurus mõjutas ka antud katses talinisu terasaaki usutavalt (p<0,001). Madalamad biomassi näitajaid olid maheviljeluses, kus lämmastiku kättesaadavus taimedele jääb kevadel väikseks ning taimed ei suuda moodustada suurt biomassi. Tavasüsteemis kasvanud talinisu taimed olid suurema biomassisaagiga. Need tulemused ühtivad ka varasemate uuringutega (Alaru et al. 2014). Liigselt suurt biomassi tootvad sordid ei ole samuti saagikad, kuna taimede hilisemates kasvufaasides vähene lämmastiku kogus või põuased tingimused võivad põhjustada taimele toitainete puuduse (Makino 2011). Tänapäevased talinisu sordid

on võimelised omastama suuremat kogust lämmastikku, mille läbi on võimalik taimedel suuremat saaki kasvatada. Suurem biomass on ka saavutatud tänu fontosünteesi parandamisele (Makino 2011).

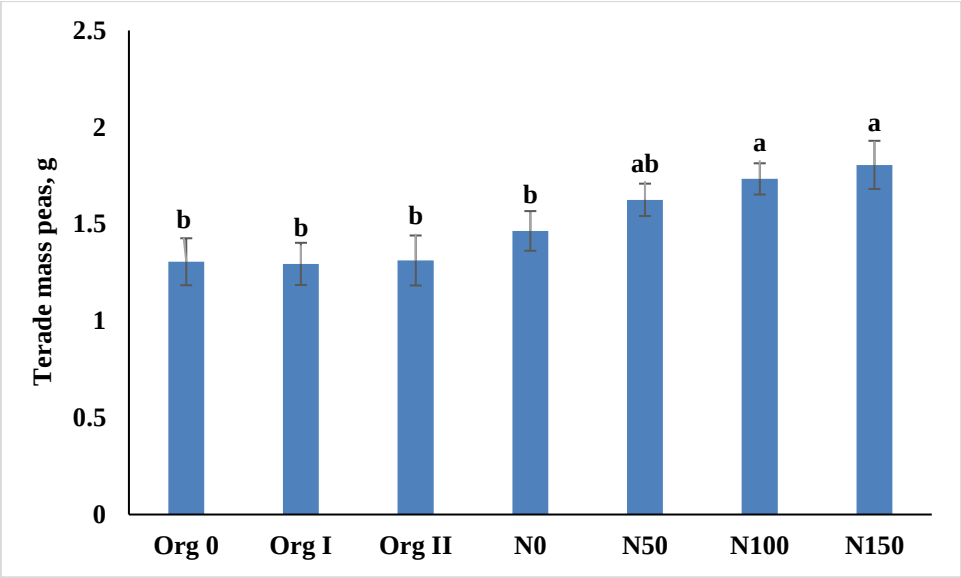


Joonis 7. Seos talinisu maapealse biomassi ja terasaagi vahel.

1.13.3 Talinisu terade arv ja mass peas

Väikeseteraliste teraviljade saagikus sõltub kahest põhilisest komponendist, selleks on terade arv ruutmeetril ning terade mass peas (Cossani et al. 2009). Talinisu terade arvu peas tuleb suurendada, et saavutada kõrgeid saake (Wicke et al. 1987). Kelly et al. (1994) leidis, et kui võrrelda 1000 tera massi, peade arvu ja terade arvu ruutmeetril, siis hindamaks teravilja saagikust, on kõige olulisem jälgida terade arvu peas.

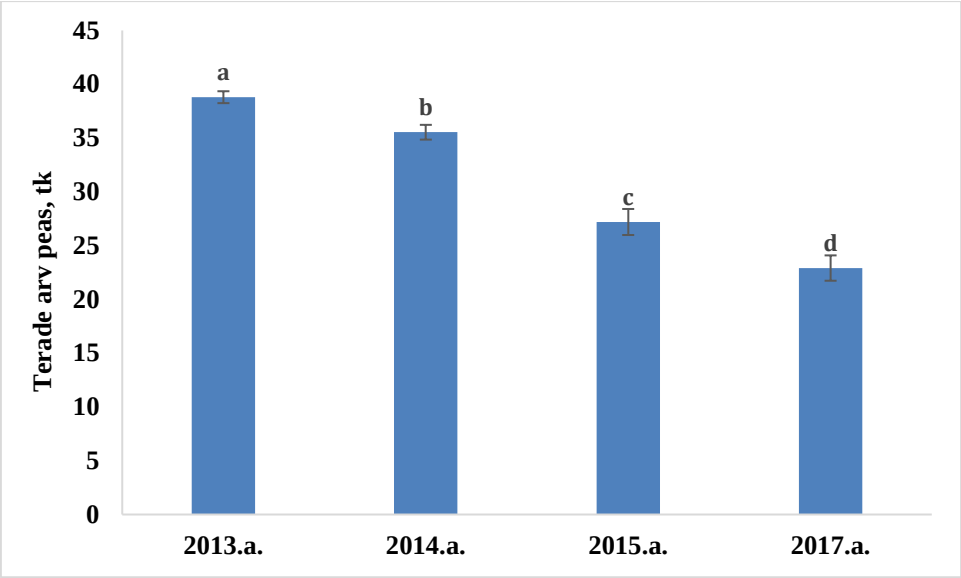
Terade arv ja mass peas on olulised näitajad talinisu terasaagi kujunemisel. Meie katses dispersionanalüüsi järgi mõjutas terade massi peas eelkõige aasta ilmastik (48% ulatuses), kuid jooniselt 8 võib välja lugeda ka seda, et terade mass peas sõltub suuresti ka variandi mõjust. Usutavalt erinev oli talinisu Fredis terade mass peas tavasüsteemi variantidel, kus kasutati lämmastikväetisi. Terade mass varieerus 1,2 ja 1,8 g vahel, olles suurim N150 variandil kasvanud taimedel ning väikseim Org I variandil. Tavasüsteemi kontrollvariandi N0 taimede terade mass oli 28% väiksem kui N150 puhul.



Joonis 8. Viljelusviiside ja väetisvariantide mõju talinisu terade massile peas aastate 2013–2015 ning 2017 keskmisena.

Org 0 – maheviljeluse kontrollvariant; Org I – maheviljeluse variant talviste vahekultuuridega; Org II – maheviljeluse variant talviste vahekultuuride ja sõnnikuga; N0 – tavaviljeluse kontrollvariant; N50, N100 ja N150 – tavaviljeluse variandid, kus mineraalse lämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}.
*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

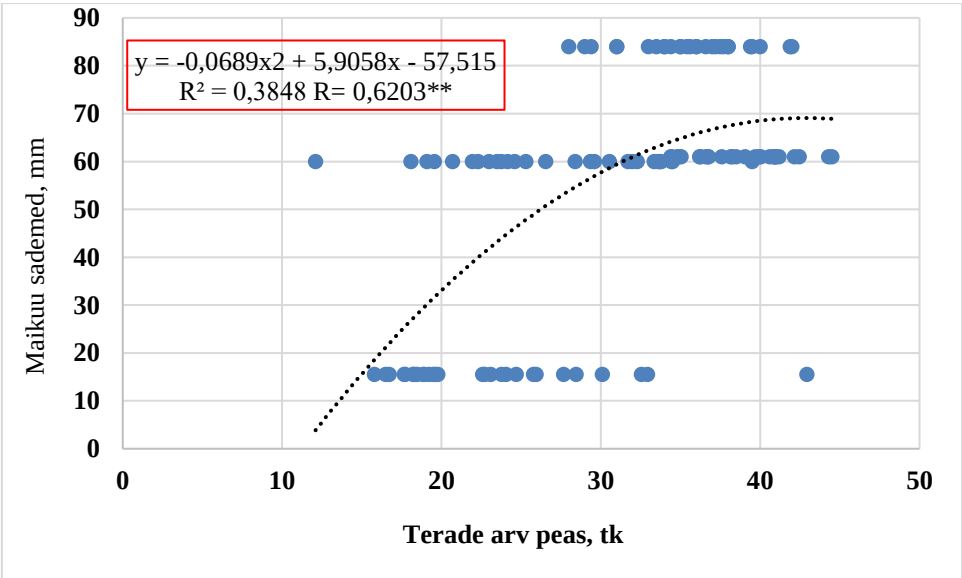
Uuritud faktoritest mõjutas talinisu Fredis terade arvu peas kõige enam aasta ilmastik (62% ulatuses). Jooniselt 9 võib näha, et aastal 2013 oli terade arv peas kõige suurem. Peas moodustus küll palju teri, kuid nende mass jäi väikseks ning samuti ka saagikus (vt. Joonis 2). Terade arv peas oli kõige väiksem aastal 2017, kui variantide keskmisena peas oli 22 tera , mida oli 72% vähem kui aastal 2013, kus oli variantide keskmisena 38 tera pea kohta. Suurima terasaagiga aastal (vt. Joonis 2) oli terade arv peas 27, mida oli 43% vähem kui aastal 2013.



Joonis 9. Aasta ilmastiku mõju talinisu terade arvule peas.

*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Suurimaks terade massi mõjutaks ilmastiku poolest on mai- ja juulikuu sademed ning temperatuur, mida suuremad need on seda suuremaks kujuneb ka terade mass peas. Üleliia suur sademete hulk ei ole ka soovitav, sest siis tekiks taimedel liigniikusest tingitud stress.



Joonis 10. Seos maikuu sademete hulga (mm) ja terade arvu vahel peas (tk) aastatel 2013–2015 ning 2017.

Mai sademete hulk mõjutab terade arvu peas usutavalt. Maikuus on hea, kui tuleb 70 mm sademeid, mis on hea eeldus korraliku terade arvu moodustamiseks. Ilmastiku järgi võib

ennustada ligikaudset saaki. Seda ei ole võimalik ennustada kilogrammi täpsusega, kuid on võimalik ilmastiku vaatlusandmete põhjal luua erinevaid mudeleid, mille järgi on võimalik ennustada ligikaudset tulevast saaki (Dumont et al. 2011).

1.14 Talinisu terade kvaliteet

1.14.1 Talinisu mahumass ja 1000 tera mass

Mollasadeghi et al. (2011) leidis oma katses, et 1000 tera mass ja mahumass on olulised näitajaid, millel on positiivne efekt nisu saagikusele. Suuremad 1000 tera massi ja mahumassi näitajaid näitavad suuremat saagikust. Mahukaal näitab otseselt teradest jahu väljatuleku potentsiaali. Mahumass peegeldab terade massi, mis on seotud terade suurusega ning terade mahutavasega kindla suurusega anumasse (Edwards 2010).

Tabel 5. Dispersioonanalüüs 1000 tera massi (g) kohta aastate ja variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017

Mõju	Mõju suurus, %
Aasta mõju	66,46
Variandi mõju	10,20
Koosmõju	13,24

Antud katses mõjutas enim 1000 tera massi aasta ilmastik, mis oli vastavalt 66,5%. Väetisvariandi mõju ja aasta ning variandi koosmõju ei olnud 1000 tera massile suur. Tabelist 6 näeb, et 1000 tera mass on mõjutatud ka väetisvariandist, kuid mitte usutavalt.

Tabel 6. 1000 tera mass (g) aastate keskmisena variantiti aastatel 2013–2015 ning 2017

Variant	**Org 0**	**Org I**	**Org II**	**N0**	**N50**	**N100**	**N150**
1000 tera mass, g	45,07 ±0,74 ab	45,47 ±0,82 ab	45,82 ±0,75 ab	47,68 ±0,80 a	47,21 ±0,69 a	47,33 ±0,49 a	47,55 ±0,76 a

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Tabelist näeb veel seda, et tavaüsteemi variantides, kus tehakse ka taimekaitse töid, on taim tervem ja suutnud teradesse rohkem varuainied koguda kui mahesüsteemis kasvanud taim,

mis on haigustele vastuvõtlikum. Suurim 1000 tera mass on olnud N0 variandi juures ning madalaim Org 0 variandi juures. Org 0 on olnud 5,5% madalam N0 variandist. 1000 tera mass on olnud suurim 2013. aastal (vt tabel 7), mil oli ka saagikus kõige suurem. Lisaks kõrgele 1000 tera massile oli samal aastal ka kõrge mahumass (vt tabel 8). Kuigi 2013. aastal on mahumass olnud kõige suurem, on samas 1000 tera mass jäänud väiksemaks, mistõttu ei ole üldine saagikus suur. Vastupidiselt 2013. aastale on 2017. aastal olnud suur 1000 tera mass, kuid mahumass on jäänud väikseks. Jooniselt 2 näeb, et 2017. aasta saagikus on olnud 2013. aasta saagikusest suurem, siis võib järeldada seda, et suurimaks mõjutaks saagikuse seisukohalt on olnud 1000 tera mass. 2015. aasta 1000 tera mass on olnud 5,5% suurem 2013. aasta 1000 tera massist. Mahumassi seisukohalt on 2015. aastal olnud 8,3% suurem mahukaal kui 2017 aastal. Novaro et al. (2001) leidis, et terade mass koos 1000 tera massi ja mahumassiga on parimad näitajad ennustamaks nisu saagikust.

Tabel 7. 1000 tera mass (g) variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017

Aasta	**2013.a.**	**2014.a.**	**2015.a.**	**2017.a.**
1000 tera mass, g	46,88 ±0,27 b	43,14 ±0,27 c	49,52 ±0,23 a	49,24 ±0,31 a

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

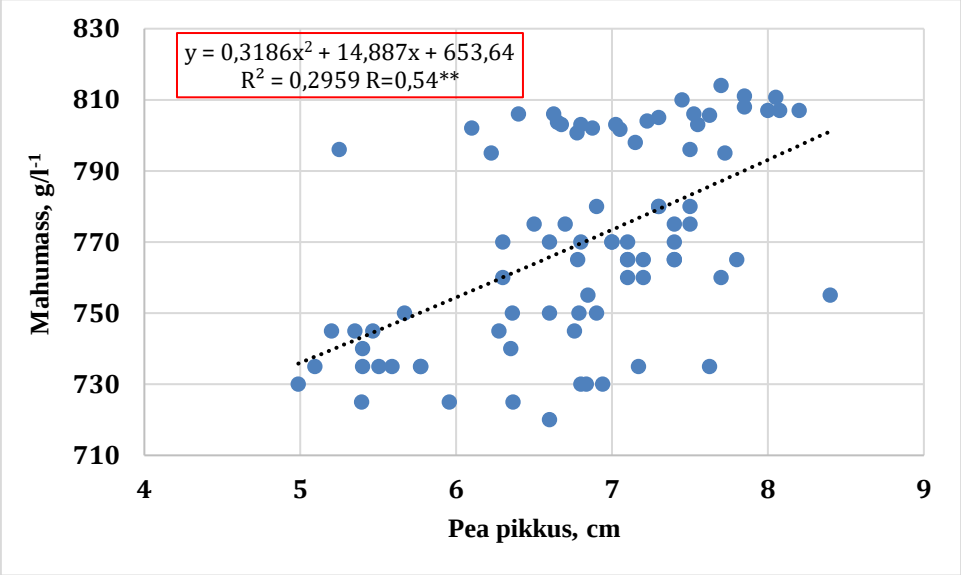
Tabel 8. Mahumass (g/l) variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017

Aasta	**2013.a.**	**2014.a.**	**2015.a.**	**2017.a.**
Mahumass, g/l^{-1}	805 ±1,20 a	768 ±1,45 b	803 ±0,92 a	737 ±1,73 c

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Sama katse varasemate tulemuste järgi olid keskmised 1000 tera massid mahesüsteemis 41,70–49,55 vahel ning tavasüsteemi variantides 42,11–51,49 vahel (Markus 2016). 1000 tera mass oli varasemalt eelkõige mõjutatud aasta ilmaoludest, vähem viljelusviisist. Aasta mõju oli 74,4% ning viljelusviisi mõju 13,2%. Sellised näitajad on meie katsega sarnased. Sama katse varasemates tulemustes olid küll maheüsteemis kasvanud vilja 1000 tera mass kohati suurem, kuid keskmisena on tema tulemused samad mis meil (Markus 2016). Antud magistritöös käsitletaval perioodil oli 1000 tera mass tavasüsteemi variantides 2–6% suurem kui maheüsteemis kasvanud taimedel ning mahumass oli tavaviljaluses vahemikus 770–806 g/l^{-1} ja maheviljuses jäi vahemikku 760–814 g l^{-1}. Nii varasemalt saadud tulemustest kui ka Mäder et al. (2007) katsest tuli välja, et viljelussüsteem ei mõjuta usutavalt mahumassi. Meie katses samuti viljelusviis mahumassi usutavalt ei mõjutanud, usutavalt mõjutas mahukaalu

aasta ilmastik vastavalt 87,8%. Markus (2016) katses 1000 tera mass jahu saaki ei mõjutanud, kuid meie poolt käsitletaval perioodil mõjutas 1000 tera mass jahu saaki usutavalt (R=0,46; p<0,01). Sama katse varasemate tulemuste järgi mõjutas jahu saaki mahumass (R=0,44; p<0,01), meie katses mõjutas mahumass II sordi jahu saaki usutavalt (R=0,59; p<0,01).



Joonis 11. Seos mahumassi (g l^{-1}) ja pea pikkuse vahel (cm) aastatel 2013–2015 ning 2017.

Mahumassi ja pea pikkuse vahel on tugev seos (R=0,54; p<0,01). Mida suurem on pea pikkus, seda suurem on ka mahumass. Pea pikkus oli suurim N150 variandil olles 7,4 cm ning väikseim Org II variandil olles 6,3 cm, mis on vastavalt 1,1cm väiksem N150 pea pikkusest. Pea pikkuse juures väetist saavate tavasüsteemi variantide vahel usutavaid erinevusi ei olnud, samuti ka maheüsteemi variantide ja N0 variandi vahel usutavaid erinevusi ei olnud, kuid usutavad erinevused olid tava- ja mahesüsteemi vahel. Väikseim tavaüsteemi pea pikkus oli N0 variandi juures olles vastavalt 6,6 cm, mis on 11% väiksem kui N150 variandi pea pikkus.

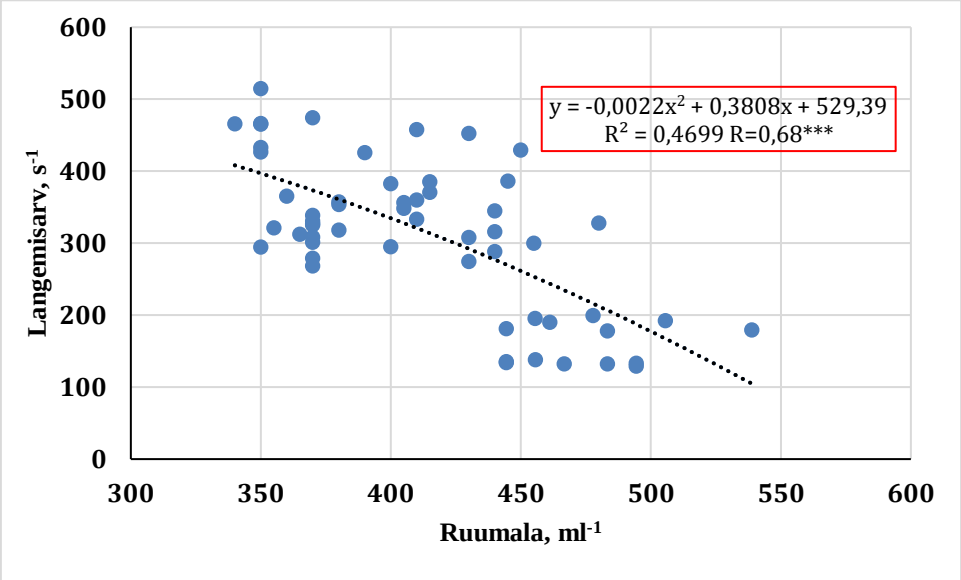
1.14.2 Langemisarv

Langemisarv on väga oluline nisu terade kvaliteedi näitaja. Langemisarvu suurus sõltub α-amülaasi aktiivsusest ja langemisarv üle 400 sekundi näitab, et α-amülaasi aktiivsus on väga madal või üldse puudub. Langemisarvu väärtus 250 sekundit näitab, et nisujahu on väga hea

küpsetamiseks (Kangor, Ingver 2012). Langemisarvu väärtus, mis jääb alla 220 sekundi viitab sellel , et α-amülaasi aktiivsus on väga kõrge ning seeme on hakanud idanema. Selliste näitajatega jahul on väga piiratud kasutus ala. Kangor ja Ingver (2012) tegid mitmeaastaseid katseid ja nende langemisarvu väärtused jäid 318–394 sekundi vahele.

Kirjanduse andmetel (Järvan et al. 2008) olid 2005. aasta saagi nisujahude langemisarvu näitajad kõikides katsevariantides väga madalad. Sellisel juhul on α-amülaasi aktiivsus kõrge; sel puhul tärklis, mis annab tootele tema struktuuri ehk nn karkassi koos kalgendunud valkudega, laguneb küpsetusprotsessis kiiresti. Toimub tärklise kiire veeldumine.

Meie katses jäid talinisu langemisarvu väärtused 291–322 sekundi vahele. See viitab sellele, et α-amülaasi aktiivsus on olnud madal ning jahu omab häid küpsetusomadusi, tainas kerkib hästi ning hoiab oma struktuuri. Suurima langemisarvu väärtusega oli N50 variandi jahu ning madalaimaga Org 0 variandi jahu, kus langemisarvu näitaja oli 10% väiksem. Langemisarvu meie katses mõjutas usutavalt aasta ilmastik vastavalt 77,5%, väetisvariant ei mõjutanud langemisarvu suurust peaaegu üldse ning seal usutavaid erinevusi ei olnud. Vaadeldes aastate kaupa langemisarvu näitajaid, siis väikseim langemisarvu väärtus oli 2017. aastal vastavalt 165 sekundit, mis oli tingitud väga sademeterohkest aastast ja hilisest koristussest (vt tabel 4). Sademed koristusperioodil mõjutavad oluliselt α-amülaasi aktiivsust ning kui koristusega hiljaks jääda, võivad terad peas juba kasvama hakata ning sellisest jahust head küpsetist ei küpseta.



Joonis 12. Langemisarvu (s^{-1}) ja pätsi ruumala (ml) vaheline seos aastatel 2013–2015 ning 2017.

Kõige suurem langemisarvu väärtus oli 2013. aastal vastavalt 393 sekundit, mis on jällegi teine äärmus ja näitab, et α-amülaasi aktiivsus on peaaegu olematu. 2015. aastal oli langemisarv 317 sekundit, mis on küpsetamiseks sobiv. Võrreldes 2015. aastat ning 2017. aastat, siis 2015. aastal oli langemisarv 47% suurem kui 2017 aastal. Nisujahu langemisarvu ja saiapätsi ruumala vaheline seos on näha jooniselt 12. Jooniselt näeb, et mida suurem on langemisarvu väärtus, seda väiksem on saia pätsi ruumala. Meie katse andmete põhjal võib järeldada, et kõige suurema ruumalaga päts tuleb jahust, mille langemisarvu väärtus jääb 100–250 sekundi vahele. Sellisele järeldusele jõudsid ka Kangor ja Ingver (2012). Meie katses suurima ruumala (506 ml) andis langemisarvu väärtus 200 sekundit.

1.14.3 Proteiinisisaldus

Kirjanduse andmetel (Järvan et al. 2008) suurendab terade proteiini kogust mineraalne lämmastikväetris ja sellega seonduvalt oli suur ka märja kleepvalgu kogus, kuna valkainete hulk nisujahus on sellega tihedalt seotud. Meie katses oli talinisu terade proteiinisisaldus usutavalt kõrgem ainult jaotatult väetist saanud variantidel N100 ja N150 (vt tabel 9).Variantide N50 ning Org II vahe oli ainult 2,5%, millest võib järeldada seda, et 50kg hektari kohta antav lämmastiku norm jääb liiga väikseks, et mõjutada proteiini sisaldus suuremal määral.

Tabel 9. Lämmastiku sisaldus aastate keskmisena variantiti aastatel 2013–2015 ning 2017

Variant	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
Lämmastikusisaldus, %	1,96 ± 0,057 c	2,02 ± 0,054 c	1,98 ± 0,075 c	1,97 ± 0,052 c	2,03 ± 0,090 c	2,25 ± 0,092 b	2,38 ± 0,065 a

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erienvust

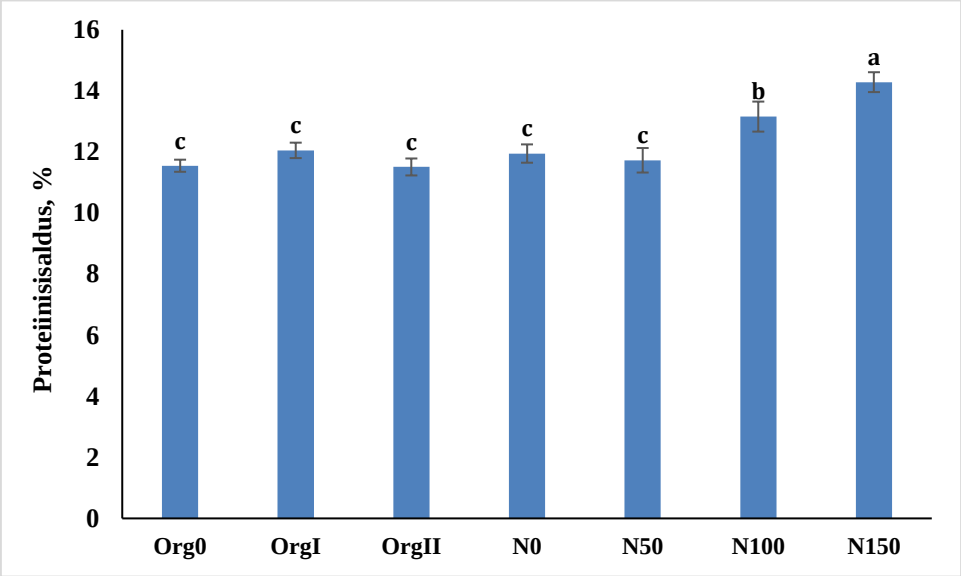
Tabel 10. Lämmastiku sisalust variantide keskmisena aastati aastatel 2013–2015 ning 2017

Aasta	2013.a.	2014.a.	2015.a.	2017.a.
Lämmastikusisaldus, %	2,07 ± 0,056 a	2,17 ± 0,028 a	1,77 ± 0,035 b	1,85 ± 0,031 b

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Juhul, kui anda kogus 50 kg N ha^{-1} kahes jaos, et teine 25kg/ha lämmastikku antakse loomiseelses faasis, siis ilmselt muutuks proteiinisisaldus usutavalt erinevaks võrreldes Org II va-

riandiga. Meie katses mõjutasid proteiinisisaldust kõige rohkem aasta ilmaolud (63%), vähem mõjutas väetisvariant (19%). Tabelist 10 võib välja lugeda seda, et terade lämmastikusisaldus on olnud suurim just nendel aastatel, mil üldine saagikus on olnud madalaim. Varasemalt leiti samas katses, et katse aasta ning katse variant oluliselt mõjutavad talinisu keemilist koostist, proteiini kvaliteeti ning α-amülaasi aktiivsust (Markus 2016). Markus (2016) leidis, et aasatel 2013 ja 2014 olid saagikused madalad, kuid soodsad teravilja kvaliteedi näitajate poolest, eriti olid kõrged proteiini ja gluteeni sisaldus. See on tingitud sellest, et proteiini sisaldus ja saak on vastupidises seoses (Bly, Woodard 2003). Samuti ka meie katses tuli selline seos välja usutavam seos tuli just mahesüsteemis välja (R=0,43; p<0,01). Sama katse varasemalt saadud tulemuste järgi oli tavasüsteemis proteiini sisaldus 7–22% ning gluteeni sisaldus 8–20% suurem, kui maheüsteemis kasvanud talinisul. Siis oli gluteeni sisaldus 2013–2015 aastal mahe- ja tavasüsteemis jäi 17,1–26,7 ja 14,7–31,5% vahele (Markus 2016).



Joonis 13. Nisu terade proteiinisisaldus (%) aastate 2013–2015 ning 2017 keskmisena varianditi

Org 0 – maheviljeluse kontrollvariant; Org I – maheviljeluse variant talviste vahekultuuridega; Org II – maheviljeluse variant talviste vahekultuuride ja sõnnikuga; N0 – tavaviljeluse kontrollvariant; N50, N100 ja N150 – tavaviljeluse variandid, kus mineraalse lämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}.

*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Nagu lämmastikusisalduse puhul, nii ka nisu terade proteiinisisaldus aastate keskmisena oli ustuavalt kõrgem ainult N100 ja N150 variantidel. Selline vahe tuleb sellest, et N100 ning

N150 väetusvariantidel jaotatakse lämmastiku panemine kaheks (vt tabel 2). Teine ring lämmastikväetist antakse loomiseelses faasis (BBCH 47), mis suurendab hiljem tera täitumisperioodil toitainete transporti seemnetesse. Väetisvariandi N150 terade proteiinisisaldus oli 14,2% ning N100 puhul 13,5%, mis on 5% madalam kui N150 proteiinisisaldus.

1.14.4. Gluteen ja gulteeni indeks

Maheviljelussüsteemides on limiteeritud võimalused väetiste kasutamiseks, mistõttu on mahesüsteemis madalamad saagid ning proteiini sisaldused, mis ei pruugi halvematel aastatel minna toiduvilja kategooriasse (Wolfe et al. 2008). Proteiini- ja gluteenisisaldus nisu terades on väga oluline kvaliteedi näitaja pagari tööstuse jaoks. Ceseviciene et al. (2012) katse tulemused näitasid, et nisu terade keskmined gluteenisisaldus oli mahesüsteemis oluliselt madalam kui tavasüsteemi omadel. Ceseviciene et al. (2012) katses tavasüsteemis kasvanud talinisu terade keskmine gluteenisisaldus jäi 22–27% piiresse ning maheüsteemis kasvanud talinisu gluteenisisaldus oli madal jäädes alla 20%. Terade gluteenisisaldus peaks olema talinisul vähemalt 26–28%, et minna toidunisu kategooriasse (Kangor, Ingver 2012). Samuti nagu proteiinisisalduse tõstmiseks tuleks anda viimane kogus lämmastikku loomiseelses faasis, nii ka gluteeni sisalduse tõstmiseks.

Tabel 11. Talinisu gluteeni indeks varianditi aastate 2013–2015 ning 2017 keskmisena

Variant	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
Gluteeni indeks, %	85 ± 1,4 a	82 ± 1,3 b	86 ± 1,4 a	87 ± 1,7 a	86 ± 2,2 a	84 ± 1,8 a	73 ± 2,5 c

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Tabel 12. Talinisu gluteeni indeks variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017

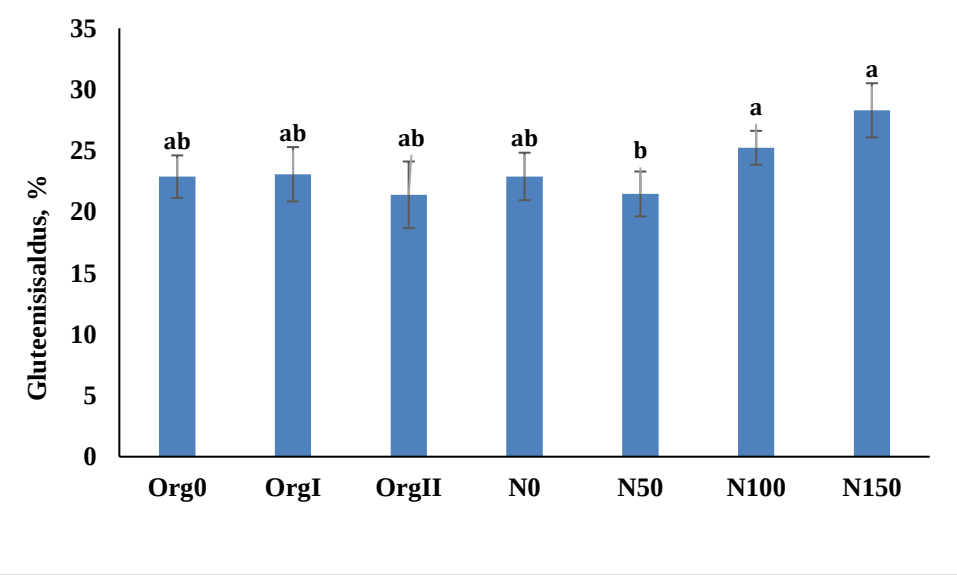
Aasta	2013.a.	2014.a.	2015.a.	2017.a.
Gluteeni indeks, %	84,3 ± 0,86 b	79,4 ± 0,97 c	83,5 ± 1,66 b	87,8 ± 2,17 a

* ± näitab SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Gluteeni indeks on samuti nisu kvaliteedi näitaja. Gluteeni indeksi alusel jaotatakse nisu nelja kategooriasse (Ceseviciene et al. 2012). Ceseviciene et al (2012) katses jagunesid nisu igas viljelussüsteemis esimesse kategooriasse (70–85%), tema katses viljelussüsteem ei mõjutanud gluteeni indeksit. Kangor ja Ingver (2012) soovitavad, et nisujahu millest tehakse

saia, peaks gluteeni indeks olekma vähemalt 60% või kõrgem, muidu tainas ei ole elastne ning gaasi hoidmine taignas väheneb.

Meie katses mõjutas kõigem enam gluteeni indeksit aasta ja variandi koosmõju vastavalt 34% ning variant mõjutas gluteeni indekist 26% ulatuses. Suurim gluteeni indeksi näitaja oli 2017. aastal, mil see oli 87,8%, mis on 5% suurem kui 2015. aastal, mil oli talinisu saagikus kõige suurem. Kangor ja Ingveri (2012) soovituse kohaselt on olnud kõigil aastatel ja kõigil variantidel gluteeni indeksi näitaja üle 60%, mis viitab sellele, et nendest jahudest saab hea taigna, mis püsib hästi koos.



Joonis 14. Talinisu terade gluteenisisaldus (%) varianditi aastate 2013–2015 ning 2017keskmisena.

Org 0 – maheviljeluse kontrollvariant; Org I – maheviljeluse variant talviste vahekultuuridega; Org II – maheviljeluse variant talviste vahekultuuride ja sõnnikuga; N0 – tavaviljeluse kontrollvariant; N50, N100 ja N150 – tavaviljeluse variandid, kus mineraalse lämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}.

*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Pätsi maht oleneb kleepvalgu kogusest ja selle kvaliteet väävelsidemete tekkest valgus (Järvan et al. 2008). Meie katses omas kõige suuremat mõju gulteeni ehk kleepvalgu tekkele aasta ilmastik 47%, väetisvariant mõjutas seda vastavalt 26%. Katseaaastate keskmisena terade gluteensisaldus varianditi märkimisväärselt ja usutavalt ei erinenud. Tavasüsteemis erines N50 varaint N100 ning N150 variantidest usutaval määral. Järvan et al. (2008) jõudis tulemuseni, et kleepvalgusisaldus oli kõrgem nendel variantidel, mida väetati N- ja NS-väetistega. Meie katses see kinnitust ei leidnud, kuid meil tavaviljeluse variantides ei kasutatud ka väävlit sisaldavid väetisi. Kui väävli molekulis tekkinud sidemed on tugevad, siis väävli

sisaldus valkudes on optimaalne (Järvan et al. 2008). Kvaliteetses jahus peab kleepvalgu sisaldus olema vähemalt 28% (Tamm et al. 2011). Meie katses oli tavasüsteemis aastate keskmisena gluteeni sisaldus üle 28% ainult N150 variandil. Võib väita, et teistel variantidel jäi puudu kas lämmastikust või väävlist.

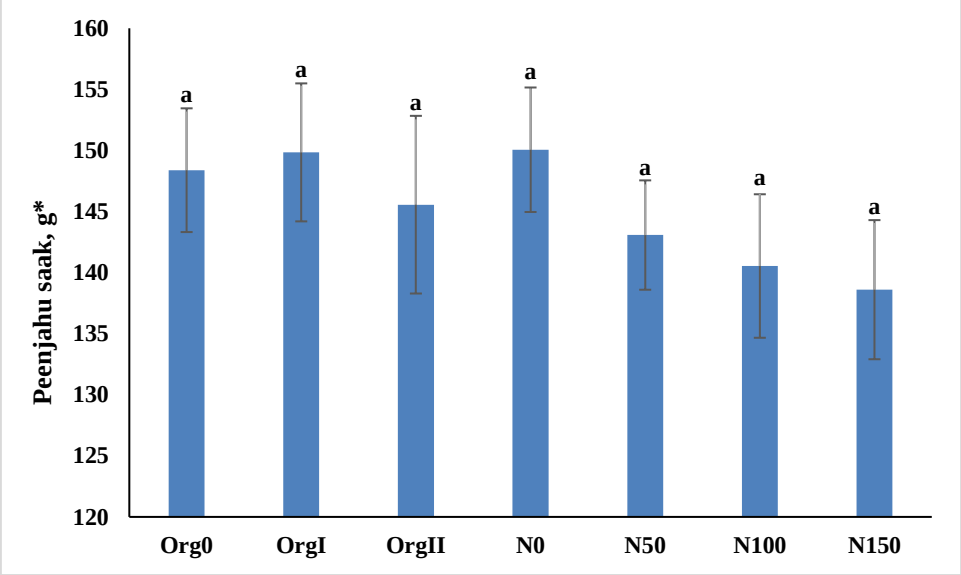
1.15 Jahu

Ajaloost on teada, et eesti vaesema rahva põhitoiduseks olnud leiba valmistati ka headel vilja-aastatel alati jahvatatud aganatega. Ikaldusaastatel pidid aga asisemadki pered just aganatega vähest jahu segama, et uue lõikuseni välja vedada. Kliid seevastu on viljatera kiud- ja toitaineterikkad välimised kihid ehk seemnekestad. Vaid mõned inimpõlved tagasi jäeti need nii meil kui mujalgi argise leivajahu jahvatamisel enesestmõistetavalt terade külge. Üldise elujärje paranemise aegadel mindi peaaegu täielikult üle peenele püülijahule, mille saamiseks tuleb kliid terade küljest maha koorida. Taoline eelistus tundus vähemalt Maarjamaal järjekordse sammuna külluse suunas. Kunagi vaid mõisniku laual uhkeldanud valge sai sobis hästi jõukuse sümboliks ja aitas meelest pühkida esivanemate aganaleiva (Suitsu 2010).

Lisaks teravilja saagikusele on oluline näitaja tootja jaoks jahu saagikus. Anu Riisalu magistritööst (2017), mis põhines samuti antud mahe- ja tavaviljeluse katsel, selgus, et talinisu jahusaaki mõjutas oluliselt aasta ehk ilmastiku tingimused (30%) ning viljelusviis mõjutas seda vastavalt 14%. Samuti ka täistera jahu, kliid ja sõklad olid oluliselt mõjutatud katseaastast. Täistera jahusaak oli positiivselt korreleerunud maapeale biomassi saagiga ja mahumassiga (R=0,49; p<0,01 ja R=0,45; p<0,01) ning negatiivselt korreleerunud nisu tersaagiga (R=-0,35). Peenjahu saak oli positiivselt korreleerunud mahumassiga, seeduva kiuga (ADF-iga) ning gluteeni indeksiga (R=0,36, 0,30 ja 0,26) ja negatiivselt korreleerunud terasaagiga (R=-0,36). Peenjahu saagikus maheviljelussüsteemis oli 410–528 g 1 kg terade kohta ning tavaviljelussüsteemis oli sama näitaja 398–495 g kg^{-1} (Riisalu 2017). Riisalu (2017) leidis, et täistera ja peenjahu saak olid negatiivselt korreleerunud nisu terasaagiga, näiteks peenjahu saak oli kõrgem maheviljelussüsteemis kasvanud teradel. Täisterajahu oli positiivselt korreleerunud maapealse biomassiga.

Riisalu leidis veel, et keskmine peenjahusaak väljentatuna kg ha^{-1} oli tavasüsteemis 1–21% kõrgem kui mahesüsteemis. Peenjahusaak kindlalt välja kaalutud terade kohta tuleb mahesüsteemis kasvanud nisul suurem, kuid kui arvestada seda, et tavaüsteemis on üldine saak suurem, siis hektari kohta tuleb peenjahu saak tavasüsteemis suurem. Keskmine jahusaak

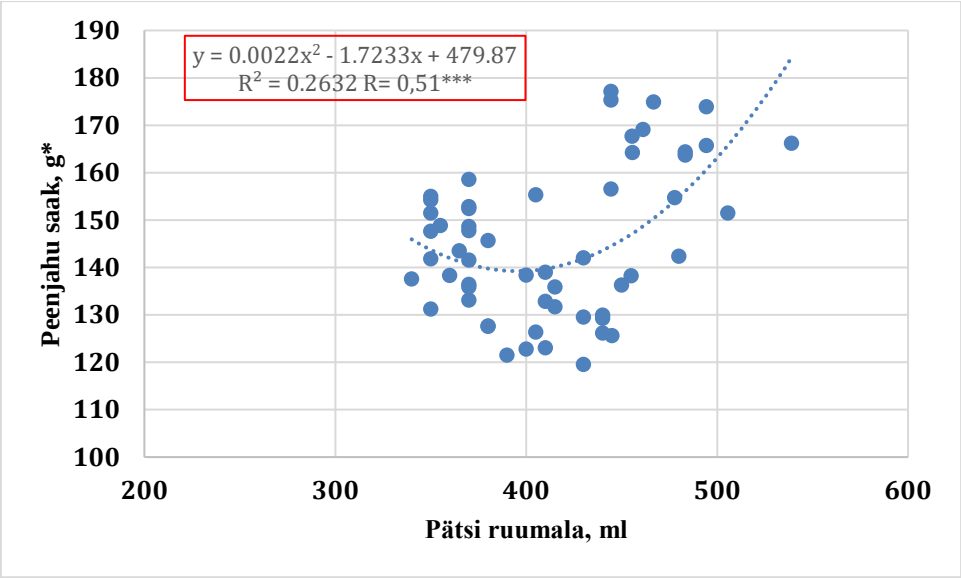
erinevatel katseaastatel oli Riisalu (2017) andmetel vahemikus 1566–2217 kg ha^{-1} maheviljelussüsteemis ning tavasüsteemis jäi jahusaak 1584–2808 kg ha^{-1} vahele. Autor ütleb, et edasised uuringud on vajalikud uurimaks viljelusviisi mõju peenjahu saagi suurusele.



Joonis 15. Peenjahu saak (g) aastate 2013–2015 ning 2017 keskmisena varianditi.

*peenjahu saak on arvutatud 300 grammi terade kohta

Meie katses jäi peenjahu saagikus (määratuna 300 g terade kohta) maheviljelussüsteemis 121–177g ehk 40,3–59% vahele ning tavaviljelussüsteemis 119–175g ehk 39,6–58,3% vahele. Peenjahu saagikus on mahesüsteemis suurem, kuid usutavaid erinevusi viljelussüsteemide vahel ei ole (joonis 15). Peenjahu saagikust mõjutas kõige enam aasta vastavalt 68%, väetisvariant oluliselt ei mõjutanud, kuid kahe faktori koosmõju oli 15%. Kõigi uuritud aastate vahel olid usutavad erinevused sees. Suurim peenjahu saak oli aastal 2017 vastavalt 166g, mis oli 2015. aastast 17,5% kõrgem. Peenjahu saak kilogrammides hektari kohta jäi meie katses maheviljelussüsteemis 1507–2206 ja tavasüsteemis 1873–2757 kg ha^{-1} vahele.



Joonis 16. I sordi (g) nisujahu seos ruumalaga (ml) aastatel 2013–2015 ning 2017.

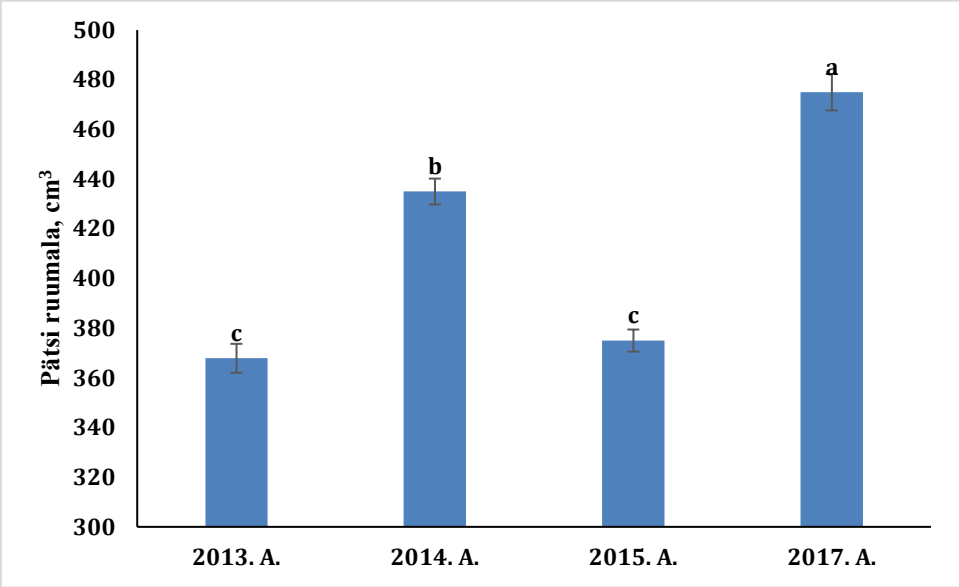
*peenjahu saak on arvutatud 300 g terade kohta

Peenjahu saagi ja ruumala vahel on usutav seos, mida suurem on peenjahu saak, seda suurem on pätsi ruumala (joonis 16). Peenjahu koosneb väiksematest jahuosakestest kui jämejahu. Veega kokkupuutudes väiksed jahuosakesed paisuvad ja suurema eripinna tõttu suureneb ka pätsi ruumala rohkem kui suuremate jahuosakeste puhul (Campbell et al. 2007). See võib olla ka põhjuseks, miks kõrgema gluteenisisaldusega pätsid (saadud tavasüsteemi teradest) ei ole usutaval määral suuremad pätsidest, mis on saadud mahesüsteemi teradest. Mahesüsteemis kasvanud taimede teradest saadud pätsid paisuvad ilmselt tänu suuremale jahuosakeste eripinnale ja saadud päts on statistiliselt samaväärne tavasüsteemi teradest saadud pätsidega (joonis 18).

1.15.1 Pätsi ruumala

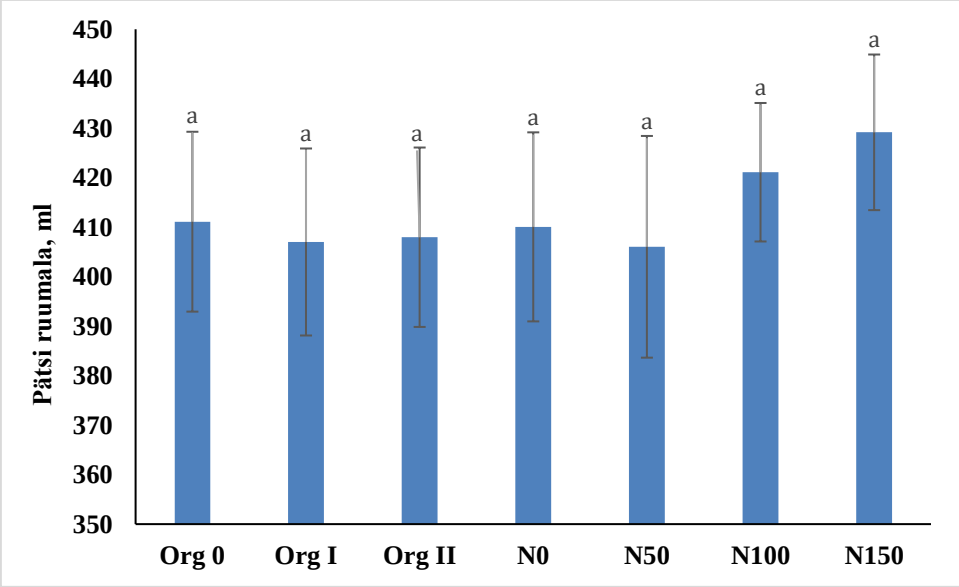
Pätsi ruumala tehti kindlaks üheliitrisesse anumasse valatud linaseemnete ruumala kaudu ning arvutati ka pätsi eriruumala (pätsi ruumala, ml). Ruumala mõjutas enim aasta (joonis 17) vastavalt 82%, viljelusviis ja nende kahe koosmõju ei mõjutanud ruumala usutavalt. Pätsi ruumala oli suurim aastal 2017 vastavalt 475ml, 2014. aastal oli samuti ruumala üle 400ml, vastavalt 435ml. 2015. aasta ruumala oli 21% väiksem kui 2017. aastal olnud ruumala. Sakhare et al. (2013) leidis oma katses, et parima saia saab nisu peenjahust, mille osakeste läbimõõt on väiksem kui 75mikromeetrit. Sai, mis on tehtud sellise läbimõõduga

jahust, kerkib suuremaks vastavalt 525ml ning sai, mis on tehtud suurema läbimõõduga osakestest, jääb 22% väiksemaks.



Joonis 17. Pätsi ruumala variantide keskmisena aastatel 2013–2015 ning 2017.

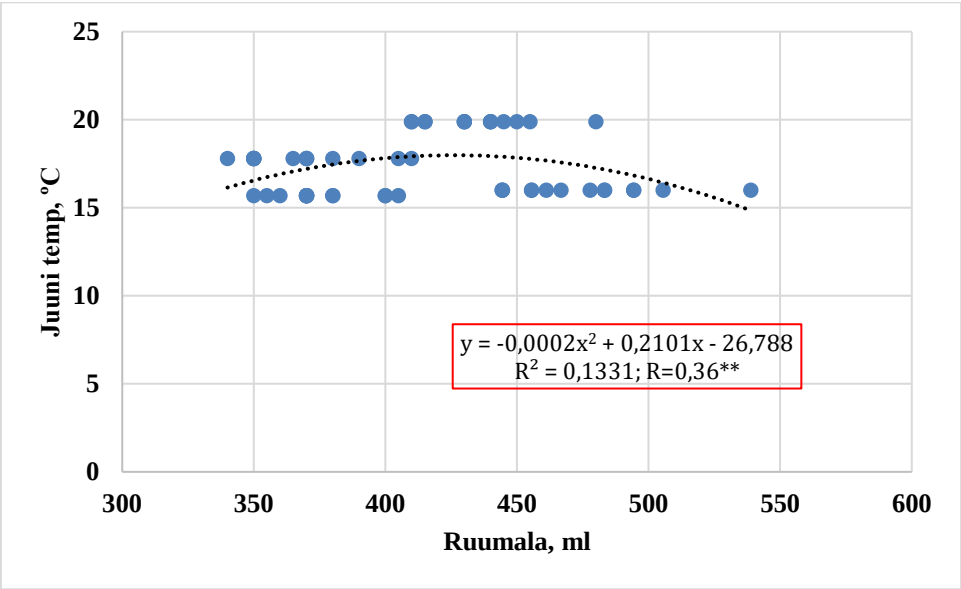
* Jooned tulpadel on ±SE ** erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust



Joonis 18. Pätsi ruumala aastate 2013–2015 ning 2017 keskmisena varianditi.

Org 0 – maheviljeluse kontrollvariant; Org I – maheviljeluse variant talviste vahekultuuridega; Org II – maheviljeluse variant talviste vahekultuuride ja sõnnikuga; N0 – tavaviljeluse kontrollvariant; N50, N100 ja N150 – tavaviljeluse variandid, kus mineraalse lämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha^{-1}.

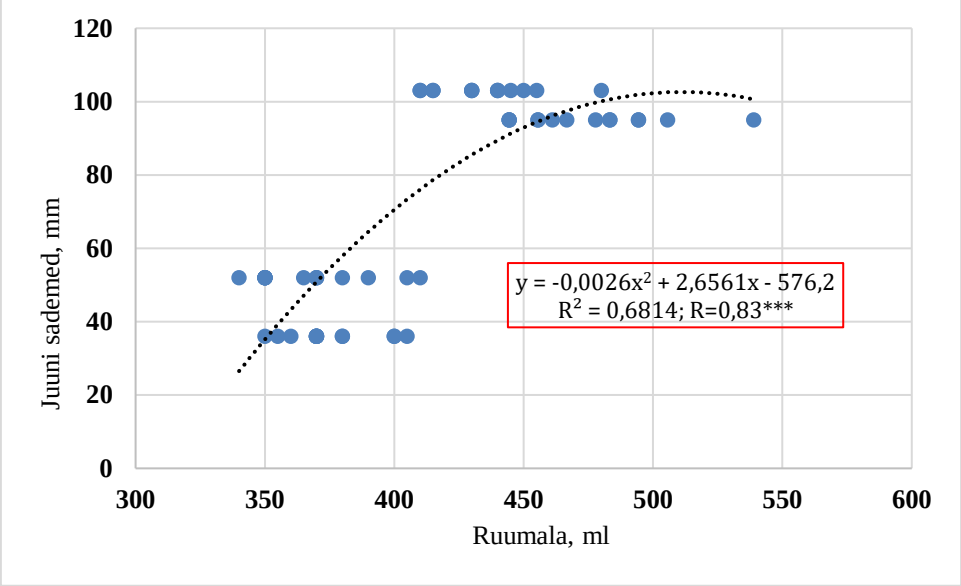
*Jooned tulpadel on ±SE; **erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.



Joonis 19. Pätis ruumala (ml) seos juunikuu temperatuuriga (ºC) aastatel 2013–2015 ning 2017.

Kuumastress ja liigniiskus on väga olulised faktorid mõjutamaks teravilja saagikust ning kvaliteeti. Terade täitumisperioodil ebasoodsad klimaatilised tingimused võivad viia muudatusteni proteiini sisalduses, tärklise sünteesis ning tärklise omadustes (Bella et al. 2011). Kokkupuude kõrgete temperatuuridega võib tõiseslt mõjutada tärklise moodustumist tera endospermis, kuna tärkilist sünteesivad ensüümid on tundlikud kõrgetele temperatuuridele (Barnabas et al. 2008; Zhao et al. 2008). On täheltatud, et isegi lühikesel teravilja kasvuperioodil temperatuurid, mis jäävad 35–40°C vahele, mõjutavad juba oluliselt teravilja kvaliteeti (Wiswanathan ja Khanna-Chopra 2001). Edasised suured vihmaperioodid terade täitumisperioodil tõstavad oluliselt α-amülaasi aktviisust, mis viib selleni, et tärklis lagundatakse suhkruteks ning selle tõttu kannatab oluliselt pätsi ruumala (Ischinose et al. 2001). Rakita et al. (2015) leidis oma katses, et suured vihmasajud koristuseelsel perioodil mõjutas α-amülaasi aktiivsust ning seetõttu jäid pätsi ruumalad oluliselt madalamaks. Meie katses aastal 2017 olid samuti nii terade täitumisperioodil, kui ka koristuseelsel perioodil hulga sademeid (tabel 4), mis mõjutasid oluliselt α-amülaasi aktiivust ning seetõttu jäi langemisarv tunduvalt madalamaks 2017. aastal. Meie katses see ruumala suurust ei vähendanud, pigem tõstis just ruumala (joonis 17) tänu sellele, et langemisarv ei olnud nii kõrge ning jahul olid head omadused hoidmaks süsihappegaasi.

Joonistelt 19 ja 20 võib välja lugeda seda, et juuni ilmastik mõjutab kõige enam pätsi ruumala suurust. Juunikuu keskmine temperatuuri optimum oleks 15ºC, see kindlustaks selle, et sügisel koristatud vilja jahust tuleks kõige parema küpsetusomadustega sai.



Joonis 20. Juunikuu sademete (mm) ja ruumala (ml) vaheline seos aastatel 2013–2015 ning 2017.

Pätsi ruumalad olid statistiliselt usutaval määral mõjutatud aastast (Joonis 17), samas varianditi ja süsteemiti olid pätsi ruumalad võrdsed. Kuigi gluteenisisaldus oli mahesüsteemi variantidel väiksem, oli pätsi ruumala neil tavasüsteemi pätsi ruumala näitajatega statistiliselt võrdne, mis võis olla tingitud suuremast peenjahu saagist e jahuosakeste suuremast eripinnast. Veega segades suurema eripinnaga jahuosakesed kergitavad tainast enam kui väiksema eripinnaga osakesed ja selle tulemusena suureneb ka pätsi ruumala. Suurema gluteenisisaldusega taina sees (tavasüsteemi väetatud variantidel) hoitakse tekkivad õhumullid teraliimi abil kinni, mistõttu pätsi ruumala suureneb. Oletuslikult võib arvata, et mahesüsteemi pätside ruumala suurenes jahuosakeste suurema eripinna arvel ja jahuosakeste paisumise teel, aga tavasüsteemis tänu terade kõrgemale gluteenisisaldusele. Seda oletust kinnitab ka see, et mahesüsteemi variantide jahust tehtud pätsid olid tihedama tekstuuriga, tavasüsteemi omad olid aga õhulisemad (vastavaid näitajaid ei ole esitatud töös).

Tabel 13. Ilmastiku mõju peenjahu saagile (%), terade gluteenisisaldusele (%) ja pätsri ruumalale (cm^3)

Näitaja	Aastad 2013 ja 2015			Aastad 2014 ja 2017		
	Mahe	Tava	keskmine	Mahe	Tava	keskmine
Peenjahu saak, %	48 ± 1 a	46 ± 0,8 a	47 ± 0,7 a	50 ± 2 a	49 ± 1 a	50 ± 1 a
Terade gluteenisisaldus, %	21 ± 05 b	24 ± 0,8 a	22 ± 0,7 a	24 ± 2 a	25 ± 1 a	25 ±0,8 a
Pätsi ruumala cm^3	406 ± 5 b	418 ± 6 b	413 ± b	476 ± 6 a	482 ± 7 a	479 ± 5 a

*erinevad tähed reas tähistavad usutavat erinevust ($p<0,05$).q23

Aastad 2013 ja 2015 olid võrreldes aastate 2014 ja 2017-ga soojemad ja kuivemad. Tulemuseks oli, et peenjahusaak oli siis 0,4–7,4% võrra väiksem. Madalam oli ka gluteenisisaldus (variantide ja aastate keskmisena 2,62% võrra) ja 1000 tera mass vastavalt 2 g võrra. Efektiivsete temperatuuride summa oli juuli lõpuks aastate 2014 ja 2017 summana 149 °C väiksem ja sademete summa juuni lõpuks 83 mm suurem.

1.16 Majandusanalüüs

Tänapäeval, kus viljahinnad on madalad ning sisendid jätkvad aasta aastalt hinna tõusu, siis peab iga talunik väga hoolikalt raha lugema, et ellu jääda karmis konkurentsis põllumajandusmaastikul. Meie katses kõige tasuvamad viljelusviisi variandid on läbi katseaastate olnud mahesüsteemis kasvanud talinisu. Selline erinevus tuleb just kokkuostu hinnast. Hetkel (12.05.2018) on mahenisu kokkuostu hind 330 € t^{-1}, mis on 55% enam kui tavanisu kokkuostu hind. Kõige suuremad tulud viljamüügist on saadud aastal 2015, mil oli saagikus kõige kõrgem ning kõige kehvemad aastad on olnud 2013 ning 2014. Väetusvariandi N150 ning maheüsteemi variandi Org II saagi tulu vahe oli 2015. aastal vastavalt 25% ning 2017. aastal oli see 26%. Seega suuremad saagid tavasüsteemis vähendavad kokkuostu hinnast tulenevat suurt vahet. Tavasüsteemis saagikus peaks olema vähemalt 8,5 t ha^{-1}, et saada samaväärne tulu ühe hektari kohta, kui on maheviljeluses. Sellist saaki ei ole vaja iga aasta saada, kuna hinnad on pidevas muutumises ning kui aasta-aastalt lisandub mahetootjaid juurde, siis kukub ka mahetoodangu hind kolinal alla.

Tabel 14. Majanduslik tasuvus lähtuvalt väetise kulust ning saagikusest aastal 2013

Väetusfoon	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
N kogus, kg/ha	0	0	21	0	50	100	150
Lämmastiku hind, €/kg	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25
Sõnniku hind, €/t			3,0				
Väetise kulu, €/ha	0,0	0,0	30,0	0,0	12,5	25,0	37,5
Saadud saak, t/ha	3,11	3,39	3,26	2,42	4,33	4,27	3,85
Vilja müügist saadud tulu, €/ha	1026,3	1118,7	1075,8	363	649,5	640,5	577,5
Saagi tulu ja väetise kulu vahe, €/ha	**1026,3**	**1118,7**	**1045,8**	**363,0**	**637,0**	**615,5**	**540,0**

Tabel 15. Majanduslik tasuvus lähtuvalt väetise kulust ning saagikusest aastal 2014

Väetusfoon	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
N kogus, kg/ha	0	0	21	0	50	100	150
Lämmastiku hind, €/kg	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25
Sõnniku hind, €/t			3,0				
Väetise kulu, €/ha	0,0	0,0	30,0	0,0	12,5	25,0	37,5
Saadud saak, t/ha	3,42	3,69	3,52	2,99	3,65	3,84	3,92
Vilja müügist saadud tulu, €/ha	1128,6	1217,7	1161,6	448,5	547,5	576	588
Saagi tulu ja väetise kulu vahe, €/ha	**1128,6**	**1217,7**	**1131,6**	**448,5**	**535,0**	**551,0**	**550,5**

Tabel 16. Majandluslik tasuvus lähtuvalt väetise kulust ning saagikusest aastal 2015

Väetusfoon	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
N kogus, kg/ha	0	0	21	0	50	100	150
Lämmastiku hind, €/kg	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25
Sõnniku hind, €/t			3,0				
Väetise kulu, €/ha	0,0	0,0	30,0	0,0	12,5	25,0	37,5
Saadud saak, t/ha	4,41	4,87	4,70	2,21	7,44	7,64	7,81
Vilja müügist saadud tulu, €/ha	1455,3	1607,1	1551	331,5	1116	1146	1171,5
Saagi tulu ja väetise kulu vahe, €/ha	**1455,3**	**1607,1**	**1521,0**	**331,5**	**1103,5**	**1121,0**	**1134,0**

Tabel 17. Majanduslik tasuvus lähtuvalt väetise kulust ning saagikusest aastal 2017

Väetusfoon	Org0	OrgI	OrgII	N0	N50	N100	N150
N kogus, kg/ha	0	0	21	0	50	100	150
Lämmastiku hind, €/kg	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25
Sõnniku hind, €/t			3,0				
Väetise kulu, €/ha	0,0	0,0	30,0	0,0	12,5	25,0	37,5
Saadud saak, t/ha	3,00	3,44	3,71	3,30	5,66	6,27	6,16
Vilja müügist saadud tulu, €/ha	990	1135,2	1224,3	495	849	940,5	924
Saagi tulu ja väetise kulu vahe, €/ha	**990,0**	**1135,2**	**1194,3**	**495,0**	**836,5**	**915,5**	**886,5**

KOKKUVÕTE

Antud magistritöö eesmärgiks oli uurida viljelusviisi mõju talinisu saagikusele, kvaliteedile ning küpsetusomadustele. Töö alguses sai püstitatud kaks hüpoteesi. Esimene hüpotees, et viljelusviis mõjutab peenjahu saagikust ei leidnud kinnitust. Peenjahu saak oli küll maheviljelussüsteemis 0,7% võrra suurem, kuid usutavaid erinevusi tavaviljelussüsteemiga ei olnud. Maheviljast erinevaid tooteid valmistajale on see hea. Vaadates peenjahu üldist saaki kg ha^{-1} kohta, siis erinevus on olemas, kuna tavaviljeluses on teravilja saagikus suurem. Teine hüptees, et mahesüsteemis kasvanud talinisu küpsetusomadused on võrreldavad tavasüsteemis kasvanud talinisu omaga, leidis kinnitust. Peenjahust valmistatud pätsi ruumala suurused viljelussüsteemide vahel usutavalt erinevad ei olnud. Kuigi tavasüsteemi N100 ja N150 keskmine pätsi ruumala oli 4% suurem kui mahesüsteemi variantidel, siis usutavaid erinevusi ei olnud. Põhjuseid, miks tava- ja mahejahust saadud pätsi ruumalad on statistiliselt võrdsed, peab edaspidi täpsemalt uurima. Esialgu võib oletuslikult arvata, et mahejahust valmistatud taina kerkimise määr ja pätside ruumala sõltub väiksemate jahuosakeste arvukusest ja sellest tulenevast eripinna suurusest. Mida rohkem on väikseid jahuosakesi, seda suurem on jahuosakeste kogu paisumine ja pätsi ruumala. Tavasüsteemi terade jahust saadud pätside ruumala sõltub aga eelkõige tetade gluteenisisaldusest - mida kõrgem on terade gluteenisisaldus, seda suurem on pätsi ruumala.

Tavaviljelussüsteemis kasvanud talinisu terasaak N0 variandil oli 50% madalam kui N100 variandil, kus oli kõrgeim saagikus, kuid usutavaid erinevusi N50 ning N150 vahel ei olnud. Terasaagi moodustamisel oli oluline roll taimede maapealsel biomassil ($R=0,54$; $p<0,01$), mis oli suurem tavasüsteemis, kus taimedel ei teki kevadel võrsumisfaasis lämmastiku puudust. Kõrre pikkus peegeldab õitsemisajaks väljakujuneva maapealse biomassi suurust, mis mõjutab omakorda teravilja saagi suurust. Taimede kõrre pikkuse näitajad tavasüsteemi variantidel olid 6% suuremad kui mahesüsteemis. Mahesüsteemis kasvanud talinisu ei saa kevadel kasvu alustades piisavalt vajalikku lämmastikku ning seetõttu jääb ka kõrre pikkus lühemaks. Kvaliteedi seisukohast usutavalt erinesid teistest katsevariantidest ainult tavasüsteemi N100 ja N150 väetusvariant, mida väetati kahes jaos, teist korda loomiseelselt, mis aitab tõsta proteiinisisaldust. Org 0, Org I, Org II, N0 ja N50 omavahel usutavalt ei erinenud, nendes variantides jäi proteiinisisaldus 12% juurde. Langemisarvu näitajat mõjutab oluliselt kasvuaasta ilmastik, mida vihmasem on koristusperiood, seda väiksemaks langemisarv jääb. Meie katses oli väikseim langemisarvu näitaja 2017. aastal, sest koristusperioodil oli rohkelt

sademeid. Üha muutuvate ilmastiku tingimuste tõttu võib taliviljade talvitumine jääda kehvemaks. Sama juhtus ka meie katses, kus 2015/2016 kehva talinisu talvitumise tõttu tuli teostada 2016 kevadel ümberkülv suvinisuga. Talinisu taimede arv pinnaühikul (m^2) oli suurim maheviljelues vastavalt 239 taime m^2 ning tavaviljuses natuke vähem 224 taime m^2.

Majandusliku tasuvuse seisukohalt parima tulukusega on Org II variant, mis erineb 25% võrra tavasüsteemi parimast variandist, milleks on N100. Tulukust enim mõjutab kokkuostu hind, mis on maheviljal 55% suurem, kui tavaviljal. Tavasüsteemis peaksid olema saagid vähemalt 8,5 t ha^{-1} kohta, et saada sarnane tulu hektari kohta.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Agricultural Research Centre.** (1986). Methods of Soil and Plant Analysis. Department of Soil Science. Jokioinen, Finland. 45 lk.
2. **Alaru, M., Jaama, E., Laur, Ü.** 2001. Talitriticale saagi stabiilsusest erinevatus ilmastikutingimustes. Agraarteadus, XII (2), 83–92.
3. **Alaru, M., Laur, Ü., Eremeev, V., Reintam, E., Selge, A., Noormets, M.** 2009. Winter triticale yield formation and quality affected by N rate, timing and splitting. Agricultural and food science, 18: 76–90
4. **Alaru, M., Talgre, L., Eremeev, V., Tein, B., Luik, A., Nemvalts, A. & Loit, E.** 2014. Crop yields and supply of nitrogen compared in conventional and organic systems. *Agricultural & Food Science* 23: 317–326.
5. **Balla, K., Rakszegi, M., Békés, F., Bencze, S., Veisz, O.** (2011). Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. Czech Journal of Food Science, 29 (2), 117-128.
6. **Baril CP,** 1992. Factor regression for interpreting genotype-environment interaction in bread-wheat trials. *Theor Appl Genet 83*: 1022–1026.
7. **Barnabás, B., Jäger, K., Fehér, A.** (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell and Environment, 31, 11-38.
8. **Bechtel, D. B. & Wilson, J. D.** 2003. Amyloplast formation and starch granule development in hard red winter wheat. *Cereal Chemistry* 80: 175-183.
9. **Berry, P., Sylvester-Bradley, R., Phillipps, L., Hatch, D. J., Cuttle, S. P., Rayns, F. W., Gosling, P.** (2002). Is the productivity of organic farms restricted by supply of available nitrogen? Soil Use Manage. 18, 248-255
10. **Bokan, N., Malesevic, M.** (2004). The planting density effect on wheat yield structure. *Acta Agriculture Serbica, Vol IX.* 65-79.
11. **Campbell, G. M., Fang, C., Muhamad, II.** (2007). On predicting roller milling performance VI: Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. Food and Bioproducts Processing, Vol. 85, lk 7-23
12. **Cossani, C. M., Slafer, A. G., Savin, R.** (2009). Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in Mediterranean site. *Filed Crops Research.* Volume 112, Issues 2-3. 205-213.
13. **Deckers, J. A., Driessen, P., Nachtergaele, F. O. F., Spaargaren, O.** (2002). World reference base for soil resources in a nutshell. In Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A.,

Montanarella, L. (eds.): Soil Classification 2001. *European Soil Bureau Research Report No. 7*, EUR 20398 EN, pp. 173–181.

14. **Donmez, E., Sears, R.G., Shroyer, J.P. and Paulsen, G.M.** 2001. Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the Great Plains. Crop Science, 41: 1412–1419

15. **Dumont, B., Leemans, V., Ferrandis, S., Vancutsem, F., Seutin, B., Bodson, B., Destain, M. F.** (2011). Assessing the potential of an algorithm based on mean climatic data to predict wheat yield. Gembloux Agro-Bio Tech – Dept. STE & SA, University of Liege.
16. **Evans, J.R.** (1989). Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia* 78. 9–19
17. **Feledyn-Szewczyk, B., Kuś, J., Jończyk, K., Stalenga, J.** (2014). The Suitability of Different Winter and Spring Wheat Varieties for Cultivation in Organic Farming. Agricultural and Biological Sciences – Organic Agriculture Towards Sustainability. /Toim. Pilipavicius, V. 197–225 lk.
18. **Gwirtz, J.A., Willyard, M.R., McFall, K.L.** (2006). Wheat Quality in the United States of America – Future of Flour The comprehensive manual of practical information on cereals, flour and flour improvement. Mühlenchemie GmbH & Co KG. 17–42 lk.
19. **Hanell, U., L-Baeckström, G & Svensson, G.** (2004). Quality studies on wheat grown in different cropping systems: a holistic perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 54 (4): 254–263.

20. **Ichinose, Y., Takata, K., Kubabara, T., Iriki, N., Abiko, T., & Yamauchi, H.** (2001). Effects of increase in alpha-amylase and endoprotease activities during germination on the bread making quality of wheat. Food Science and Technology Research, 7, 214- 219.
21. **Järvan, M., Edesi, Liina., Paivel, Miralda., Adamson, A., Akk, E., Kuuskla, M., Kala, R., Laitamm, H., Lukme, L., Akk, A., Luik, S.** 2012. Maheviljeluse eri viiside ja tavaviljeluse mõju võrdlemine mulla viljakusele ja elustikule ning põllukultuuride saagikusele ja kvaliteedile. *Riiklik programm „Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009-2014“*.
22. **Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A.** 2008. Talinisu saagikus, saagi kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmasiku ning väävliga väetamisest. *Eesti Maaviljeluse Instituut, taimekasvatuse osakond.* **[WWW]** http://agrt.emu.ee/pdf/2012_1_jarvan1.pdf (13.02.2018).
23. **Jävan, M., Adamson, A., Edesi, L.** (2006). Talinisu Väetamisest Lämmastiku ja Väävliga. EMVI põllukultuuride osakond.

24. **Kangor, T., Ingver, A.** 2012. The influence of crop production systems on the baking quality of spring wheat. Agronomy 2012: 37–42. (in Estonian).

25. **Kelly, J.T., Bacon, R.K., Wells, B.R.** (1994). Relation of nitrogen utilization to yield components in soft red winter wheat. *J-plant-nutr. Monticello, N.Y.: Marcel Dekker Inc*. Vol.17 (12). 2105-2118.
26. **Keppart, L.** 2017. Ilmastikutingimustest Jõgeval käesoleval aastakümnendil (2010–2016). Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017, 7–12.
27. **Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A., Risvik, E.** (2004). Sensory qualities of whole wheat pan bread – influence of farming system, milling and baking technique. Journal of Cereal Science 39. 67–84 lk.
28. **Koehler, P., Wieser, H.** 2012. Chemistry of Cereals Grains. *Handbook on Sourdough Biotechnology.* 11 – 45.
29. **Koppel, R.,Kangor, T.** 2017. Talinisu sortide saak erinevates kasvutingimustes aastatel 2014–2016. Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017, 79–86.
30. **Kreft, I.** (1990). Problemi strukture semen, pridelka in kakovosti pšenice Savremena poljoprivreda, Vol. 38, broj 3-4, 343-348.
31. **Laikoja, K., Vetemaa, A., Viir, M., Assi, K., Rajasalu, P., Tamm, I., Tupits, I., Tamm, Ü., Koppel, R., Ingver, A., Narits, L., Pärn E.** (2013). Abiks põllumajandussaaduste väikekäitlejale III osa Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride töötlemine. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus. Põllumajandusministeerium. **[WWW]** http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TRUKISED/2013/trykis– mahevaikekaitleja–III–2013.pdf (07.02.2018)
32. **Laloux, R., Poelaert, J., Falisse, A.** (1975). Stikstofbemesting bij graangewassen. Landbouwtiidscher. 28. 1155-1184.
33. **Lazović, D., Božović, D., Deletić, N., Petrović, B.** (1994). The Study of Certain Morphological, biological and Productive Traits of Recently Developed Winter Wheat Cultivars in the Conditions of North Metohia. *J.Sci. Agric.Research*, 56, 198. 39-49
34. **Lin, Z., Chang, X., Wang, D., Zhao, G., Zhao, B.** (2015). Long-term fertilization effects on processing quality of wheat grain in the North China Plain. Field Crops Research 174. 55–60 lk.
35. **Loide, V.** (2015). Väetamise ja ilmastiku hüdrotermiliste omaduste mõjust teraviljade produktsioonile. *Eesti Taimekasvatuse Instituut*. Agronoomia 2015. 80-58.
36. **Makino, A.** (2011). Photosynthesis, Grain Yield, and Nitrogen Utilization in Rice and Wheat. *Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University.* **[WWW]** http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/155/1/125.full.pdf (22.02.2018).
37. **Markus, S.** (2016). Talinisu saagi- ja kvaliteedinäitajad sõltuvalt viljelusviisist. Magistritöö, EMÜ,

38. **Matsuo, R. R., Dexren, J. E**. (1980). Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. Can. J. Plant Sci.60: 49-53.
39. **Mäder, P., Hahn, D., Dubois, D., Gunst, L., Alföldi, T., Bergmann, H., Oehme, M., Amado`, R., Schneider, H., Graf, U., Velimirov, A., Fließbach, A., Niggli, U.** (2007). Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21 year field experiment. Journal of the Science of Food and Agriculture 87. 1826–1835 lk.
40. **Novaro P, Colucci F, Venora G, D'Egidio MG,** 2001. Image analysis of whole grains: A noninvasive method to predictsemolina yield in durum wheat. *Cereal Chem 78*: 217–221.
41. **Older, H.** 1999. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku
42. **Osman, A. M., Struik, P. C. & Lammerts van Bueren, E.T.** 2011. Perspectives to breed for imporved baking quality wheat varieties adopted to organic growing conditions. *Journal of The Science of Food & Agriculture* 92: 207-215.
43. **Perten Instruments**. Perten Instruments' product range. Stockholm, Rootsi. **[WWW]** http://www.perten.com/Products/ (06.03.2018).
44. **Rakita, M. S., Torbica, M. A., Dokic, P. L., Tomic, M., J., Pojic, M. M., Hadnadev, S. M., Dapcevic Hadnadev, R. T.** (2015). Aplha-amylase activity in wheat flour and bread-making properties in relation to different climatic conditions. Food and Feed Reasearch, 42 (2), lk 91-99
45. **Rangan, P., Furtado, A., Henry, J.R.** (2016). New evidence for grain specific C4 photosynthesis in wheat. *Scientific Reports.* **[WWW]** https://www.nature.com/articles/srep31721.pdf (22.02.2018).
46. **Reintam E., Köster T.** (2006). The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. Geoderma, Elsevier. 136, pp 199–209
47. **Riisalu, A.** (2017). Viljelusviisi mõju tärkliseterade omadustele. Magistritöö, EMÜ, 52 lk.
48. **Sakhaere, D. S., Inamdar, A. A., Soumya, C., Indrani, D., Rao Venkateswara, G.** (2013). Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south Indian parotta. Association of Food Scientists & Technologists (India), lk 4111-4112
49. **Savin, R., Slafer, G.A.** (1991). Shading effects on the yield of an Argentinian wheat cultivar. *J. Agric. Sci*., 116. 1-7
50. **Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A.** 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485: 229–232
51. **Sharma, R.C.** (1992). Selection for biomass yield in wheat. *Euphytica.* Volume 70, Issue 1-2. 35-42.

52. **Spiertz, J. H. J.** (1983). Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. – J. Plant and Soil, lk 379–391
53. **Suitsu, M.** 2010. Suur leivaraamat, Varrak, Tallinn. **[WWW]** http://www.varrak.ee/files/4/8147 (08.02.2018)
54. **Zhao, H., Dai, T., Jiang, D., Cao, W.** (2008). Effects of high temperature on key enzymes involved in starch and protein formation in grains of two wheat cultivars. Journal of Agronomy & Crop Science, 194, 47–54
55. **Tamm,I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Mansberg, M., Vetemaa, A., Sepp, K.** (2011). Mahepõllumajanduslik teravilja- ja õlikultuuride kasvatus. 11–17.
56. **The Nebraska Wheat Growers Association.** Nebraska Wheat Quality Assurance Report. **[WWW]** https://nebraskawheat.com/wp-content/uploads/2014/01/WCQAR.pdf
57. **Tkachuk, R.** (1969). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Cereals and Oilseed Meals. Grain Research Laboratory. Winnipeg, Manitoba. 419–423 lk
58. **Trewavas, A.** (2001). Urban myths of organic farming. Nature Vol 410
59. **Ugarte, C. Calderini, D.F. Slafer, G.A.** (2007). Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Res*., 100. 240-248
60. **Valgus, T., Tamm, U., Zirk, M.** (2000). Ristikurohke põldhein eelvijana. [WWW] http://agrt.emu.ee/pdf/toim_2000_11_valgus.pdf
61. **Veraverbeke, S. W. & Decour, A. J.** 2010. Wheat Protein Compositin and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* **[WWW]** http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408690290825510?needAccess=true (09.02.2018)
62. **White, E.M., Wilson, F.E.A.** 2006. Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 45: 85–101
63. **Wicke, H.J., Stock, H.G., Fuch, W., Michael, H., Krause, C.** (1987). Zialparameter für die Bestandesführung von Wonterweizen, Wintergerste und Sommergerste auf besseren D-Dtanforten. *"Feldwirtsehalf",* 28.251-253.
64. **Wisvanthan, C., Khanna-Chopra, R.** (2001). Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (Triticum aestivum L.) varieties differring in grain weight stability. Journal of Agronomy & Crop Science, 186, 1-7.
65. **Wolfe, M. S., Baresel, J.P., Desclaux, D., Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., Löschenberger, F., Miedaner, T., Østergård, H. & van Bueren, E.T.L.** 2008. Developments in breading cereals for organic agriclture. *Euphytica* 163: 323-346.

66. World wide prodtucion on grain 2016/17, by type (in million meetric tons). https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/ (Vaadatud 31.01.2018)
67. **[WWW]** https://www.agronoom.ee/2017/06/28/fungitsiidide-ajastamine-viljapeade-kaitseks-talinisul/

SUMMARY

The main purpose of this thesis was to explore what influence organic and conventional farming systems have on the yield growth, yield quality and baking caracteristicas of winter wheat. Two hypotesis were put together in the beginning of this thesis. First one if farming system influences flour yield. This hypotesis did not find confirmation, there were almost no differences between farming systems. In organic system fine flour yield was higher, but not significantly. Overall flour yield per hectare was higher in conventional farming because the grain yields was higher. Second hypotesis was that baking quality of winter wheat flour from organic farming is comparable with flour quality from conventional farming. This hypothesis was confirmed because there were no differences between indicators of loaf volumes, which were baked from flour of organic or convetnional grains.

In conventional farming system winter wheat grain yield was in N0 variation 50% lower than N100 variation. In N50 and N150 there were no believable differences in grain yield. Great impact on the grain yield had the above ground biomass (R=0,54; p<0,01), which were bigger in conventional farming where is no nitrogen limit. In organic farming nitrogen is limited in early growth stages which altogether leads to lower grain yields. Grain quality is better in conentional farming N100 and N150 variation which were treated with additional nitrogen in early booting stage. Org0, OrgI, OrgII, N0 and N50 there were no believable differences in protein content. Falling number were influenced by weather contition which was lowest in 2017 because of large amount of precipitation in harvesting season.

In economy perspective the best income is in Org II variation which is 25% better than in N100 variation which is the best variation of conventional farming. Income is mainly influenced by grain price which is 50% higher in organic farming than it is in conventional farming. In conventional farming the grain yield has to be at least 8,5 tons per hecatre to compete with organic farming prices.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Karel Toss,

(sünnipäev pp/kuu/aa 25.10.1994)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Talinisu kvaliteet ning küpsetusomadused mahe- ja tavaviljeluses,

mille juhendaja on Maarika Alaru, PhD,

   1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
   1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
   1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

allkiri

Tartu, 22.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

_____ _____

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)